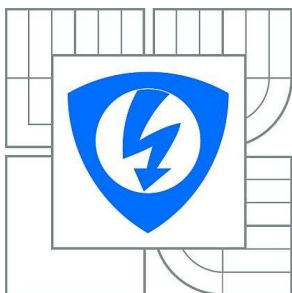


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING

BINOKULÁRNÍ VIDĚNÍ

BINOCULAR VISION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

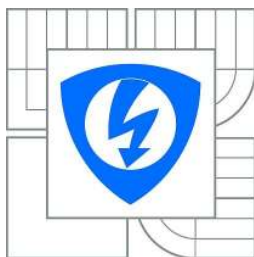
Bc. JAN BRŇÁK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR FEDRA

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav biomedicínského inženýrství

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Biomedicínské a ekologické inženýrství

Student: Bc. Jan Brňák

ID: 98479

Ročník: 2

Akademický rok: 2011/2012

NÁZEV TÉMATU:

Binokulární vidění

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1) Prostudujte fyziologii binokulárního vidění člověka pro získání prostorového vjemu z dvourozměrných obrazů pomocí brýlí. 2) Popište a porovnejte různé stereoskopické zobrazovací metody. 3) Navrhněte snímání dynamické scény pomocí dvojice identických videokamer k získání kvalitních dat pro generování stereoskopického videozáznamu. 4) Realizujte snímání dynamické scény pomocí dvojice videokamer ideálně s automatickou regulací vzdálenosti kamer. 5) Navrhněte a realizujte zpracování videosignálů. 6) Vyhodnoťte hlavně fyziologické parametry výsledných krátkých videozáznamů pomocí ankety ve skupině pozorovatelů. 7) Zhodnoťte funkčnost celé snímací aparatury.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] GANONG, William F. Přehled lékařské fyziologie. Praha: H&H, 1995. ISBN 80-85787-36-9.
[2] HLAVÁČ, Václav, ŠONKA, Milan. Počítačové vidění. Praha: Grada Publishing, 1992. ISBN 80-85424-67-3.

Termín zadání: 6.2.2012

Termín odevzdání: 18.5.2012

Vedoucí práce: Ing. Petr Fedra

Konzultanti diplomové práce:

prof. Ing. Ivo Provazník, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt:

Tato diplomová práce se zabývá fyziologií binokulárního vidění člověka pro získání prostorového vjemu z dvourozměrných obrazů pomocí brýlí. Je zde vypracovaná teoretická část o dané fyziologii vidění, dále pak sepsání dostupných metod, které jsou v dnešní době rozšířené pro získání stereoskopické scény. Práce také popisuje snímání dynamické scény pomocí dvojice identických kamer. Zaměřuje se zejména na metodu OFF-AXIS a řeší tematiku s nastavením stereoskopické báze.

Dále je zde realizována praktická část, která pojednává o snímání dynamické scény pomocí videokamer, a to s plynulou automatickou regulací vzdáleností kamer. Automatická regulace je provedena využitím paralelního portu a krokového motoru. Pro tento účel je v práci vytvořen hardwarový ovladač a program pro vzájemnou komunikaci.

Natočené krátké videosekvence byly promítnuty skupině pozorovatelů a ti vyhodnotili parametry, které byly zadány ve vytvořené anketě.

Klíčová slova:

Binokulární vidění, pasivní stereoskopická projekce, aktivní stereoskopická projekce, snímání stereoskopické scény, projekce stereoskopické scény, paralaxa, TOE-IN, AXIS-OFF, paralelní port, krokový motor

Abstract:

This masters thesis deals with the physiology of binocular vision people for obtaining two dimensional spatial perception of images with glasses. There are developed theoretical part of the physiology of vision, then writing available methods that are now widespread for obtaining stereoscopic scene. The work also describes shooting dynamic scene using a pair of identical cameras. It focuses mainly on OFF-AXES method and deals with the topic of the settings stereoscopic base.

There is also realized a practical part, which works with the capture dynamic scenes using video cameras with a automatic control of cameras distance. Automatic control is performed using the parallel port and a stepper motor. For this purpose it is designed to work in hardware support and a program for mutual communication.

Filmed a short movie was screened to a group and those observers evaluated the parameters that were specified in the created poll.

Keywords:

Binocular vision, passive stereoscopic projection, active stereoscopic projection, stereoscopic scene capture, stereoscopic scene projection, parallax, TOE-IN, OFF-AXIS, parallel port, stepper motor

BRŇÁK, J. *Binokulární vidění*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 71s. Vedoucí diplomové práce Ing. Petr Fedra.

PROHLÁŠENÍ

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Binokulární vidění jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne: 15. května 2012

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce Ing. Petru Fedrovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne: 15. května 2012

.....

podpis autora

OBSAH

1. ÚVOD	8
2. FYZIOLOGIE VIDĚNÍ.....	9
2.1 Anatomie oka.....	9
2.2 Fyziologie binokulárního vidění.....	12
2.2.1 Akomodace.....	12
2.2.2 Zorný úhel, zorné pole	14
2.3 Fyziologický vývoj binokulárního vidění.....	14
2.4 Vady zraku.....	15
3. STEREOSKOPIE.....	16
3.1 Historie stereoskopické techniky	16
3.2 Zavedené technologie pro získání prostorového vidění	17
3.3 Pasivní projekce.....	17
3.4 Infitec.....	18
3.5 Aktivní projekce	18
3.6 Anaglyf	20
3.7 Autostereoskopické monitory	21
3.8 Porovnání jednotlivých stereoskopických zobrazovacích metod.....	22
4. SNÍMÁNÍ STEREOSKOPICKÉ SCÉNY	23
4.1 Metoda TOE-IN.....	23
4.2 Metoda OFF-AXIS	24
4.3 Nastavení snímání scény a její případné chyby	26
4.3.1 Nastavení citlivosti	26
4.3.2 Nastavení clony	26
4.3.3 Nastavení expozice.....	26
4.3.1 Nastavení stereobáze	27
4.3.2 CrossTalk, Ghosting.....	29
4.3.3 Vznik Paralaxy a její druhy	29
5. AUTOMATICKÁ SNÍMACÍ APARATURA PRO POŘÍZENÍ STEREOSKOPICKÝCH VIDEOSEKVENCÍ	33
5.1 Popis komunikačního rozhraní paralelního portu a jeho vlastnosti.....	33
5.2 Ochrana paralelního portu	36
5.3 Řízení krokových motorů	37

5.4	Snímací aparatura	38
5.4.1	Použité kamery pro získání prostorového vjemu	38
5.4.2	Elektronika snímací aparatury	38
5.4.3	Konstrukce snímací aparatury	41
5.4.4	Připojení, nastavení a ovládání snímací aparatury	43
6.	VYUŽITÍ MATLABU PRO ŘÍZENÍ SNÍMACÍ APARATURY	45
6.1	Navržený program v prostředí matlab	47
6.1.1	Výpočet stereobáze	48
6.1.2	Automatické nastavení pojezdu	51
6.2	Hlášení a řešení případných chyb v Matlabu	52
7.	VZNIK A PROJEKCE STEREOSKOPICKÉHO ZÁZNAMU	53
7.1	Návrh a úprava stereoskopické scény	54
7.2	Nastavení a spuštění projekce	55
8.	VÝSLEDKY ANKETY PRO HODNOCENÍ PROSTOROVÉHO VJEMU	57
8.1	Výsledky ankety subjektivní části	57
8.2	Výsledky ankety objektivní části	61
	ZÁVĚR	65
	POUŽITÁ LITERATURA:	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ:	70
	SEZNAM GRAFŮ:	71
	SEZNAM TABULEK:	71
	SEZNAM PŘÍLOH:	71

1. ÚVOD

Binokulární vidění je mechanismus, který umožňuje člověku vnímat okolní svět prostorově. Slovo binokulární je odvozeno z latiny a je složeno ze dvou slovních základů - bin jako dva a oculus jako oko. Abychom získali prostorový vjem, je nutné v mozku sloučit a vyhodnotit dvě lehce odlišné scény. Vzdálenost mezi očima má za následek to, že každé oko vidí scénu z jiného úhlu a na sítnici se tedy promítne jiný obraz. Pozorovatel tak získá pocit, že vnímá jeden trojrozměrný obraz a ne dva navrstvené obrazy. Z tohoto důvodu jsme schopni odlišit, které předměty jsou od nás dál nebo naopak blíže. Avšak tento mechanismus není vrozený a je nutný jeho vývoj, který probíhá v dětství. Při využití jednoho oka bychom hloubkové vjemy nebyly schopni vnímat.

Slovo stereoskopie vzniklo z řeckých slov stereos (trojrozměrné, pevné) a skopien (vidět). Se slovem stereo se můžeme nejčastěji setkat především ve zvukové oblasti, avšak původně je spojen s obrazem. Málokdo je však seznámen s technikou stereoskopického zobrazování obrazu. Princip prostorového vidění je znám již přes 160 let a díky novým technologiím je stále vyvíjen a zdokonalován.

Uplatnění stereoskopických zobrazovacích technik zahrnuje široké možnosti uplatnění. Nejčastěji je tento vjem využíván v herním a zábavním průmyslu. K této skutečnosti docházíme zejména z toho důvodu, že zobrazení není příliš složité a pro střední populaci obyvatel je velice populární. V posledních letech je zaznamenán obrovský rozvoj 3D kin, domácích 3D televizí, ale i PC her. Možnost předvádět výrobky v prostorovém zobrazení a ve skutečné velikosti je využita i například v automobilovém průmyslu, dále pak v medicíně, strojním i farmaceutickém průmyslu.

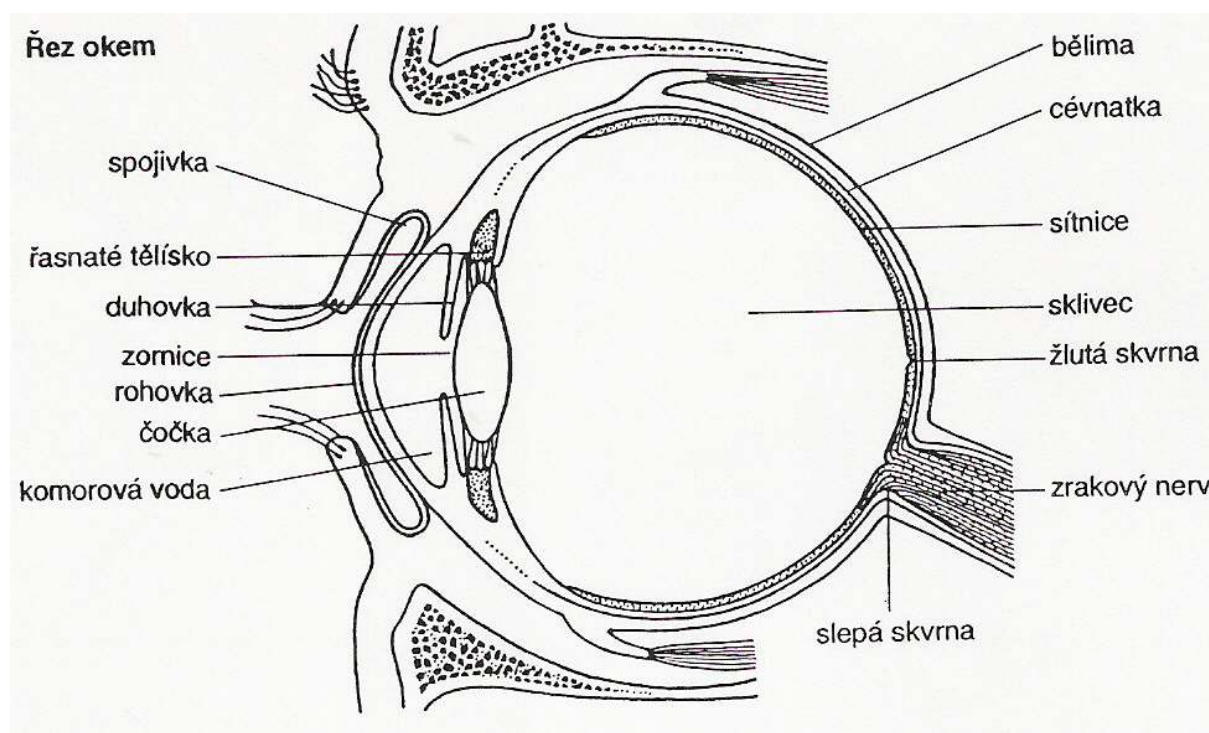
V počítačové grafice se velice často vyskytuje pojem 3D neboli trojrozměrný. Avšak tento výraz je používán ve smyslu realisticky vypadající. K tomuto jevu nám tedy postačí jedno oko. Abychom však získali plnohodnotný prostorový obraz, je nutné využít obě oči. V textu budeme tedy pod pojmem prostorové zobrazení rozumět stereoskopické zobrazení.

Cílem práce je prostudovat fyziologii binokulárního vidění člověka pro získání prostorového vjemu z dvourozměrných obrazů pomocí brýlí, dále pak popsat a porovnat současné techniky a prostředky pro stereoskopické zobrazování. Praktickou částí se zabývá čtvrtá a pátá kapitola, kde je podrobně popsán návrh a konstrukce automatické regulace vzdálenosti kamer tzv. nastavení stereoskopické báze. V šesté kapitole je popsán program pro ovládání navrhnutého přípravku pro posuv. V sedmé kapitole je pojednáváno o tom, jak správně nastavit aparaturu pro přehrávání stereoskopického videozáznamu. V poslední části práce je vyhodnocen jak výsledný vjem hloubky obrazu a jeho ostrost, tak i fyziologické parametry.

2. FYZIOLOGIE VIDĚNÍ

Funkce oka jako orgánu zraku je známa nejméně od 2. století. Zrakový orgán umožňuje vnímat nejen světlo a jeho jednotlivé kvality, ale i tvar, pohyb a prostorové rozložení těles. Na zpracování zrakových informací se podílí asi 60 % celé mozkové kůry. Zrakové vnímání je prvořadě zaměřeno na rozlišování kontrastu, tedy rozdílu jasu nebo barevného odstínu nazíraných ploch. V následující kapitole bylo čerpáno z literatury [1][2][3].

2.1 ANATOMIE OKA



Obr. 1: Řez okem [4]

Oko je tvořeno optickým světlolomným systémem, světločivnými receptorovými elementy (tyčinkami a čípkami) a nervem, který odvádí získané informace do mozku. Než světlo dopadne na světločivé buňky sítnice, projde rohovkou, očními komorami, duhovkou, čočkou, sklivcem a několika nereceptorovými vrstvami sítnice.

Před dopadem paprsků na sítnici se v jednotlivých prostředích paprsky lámou a projdou vzdálenost (od rohovky k sítnici) 24 mm. Na sítnici se vytvoří reálný, převrácený a zmenšený obraz okolního světa.

Oční koule:

je mírně asymetrická koule, jejíž sagitální (rovnoběžný se střední rovinou těla) průměr je okolo 24–25 mm, transversální (příčný) průměr je asi 24 mm. Hloubka přední komory, v níž je komorová voda, je 3,5 mm. Mezi komorovou vodou a čočkou je duhovka (iris), sloužící jako clona. Její radiální a kruhová svalová vlákna dokážou měnit průměr otvoru – zornice (zřítelnice, pupilla) v intervalu od 2 mm do 6 mm v závislosti na dopadajícím světelném toku. Nejčastější průměr zornice bývá 4 mm.

Tvar oční koule je udržován tuhou bělimou a nitroočním tlakem (spíše přetlakem) 2 až 3 kPa. S věkem tento tlak mírně stoupá. Stálost nitroočního tlaku udržuje vyrovnaná produkce komorové vody. Pohyb oční koule zabezpečují tři páry okohybných svalů.

Bělima:

je tuhá, vazivová blána tloušťky 0,3 až 1 mm, tvořící 4/5 povrchu oční koule. V přední části přechází v průhlednou rohovku.

Rohovka:

je průhledná část vnějšího povrchu, která kryje zornici a duhovku. Rohovka je zároveň první a nejsilnější čočka optického aparátu, podílí se spolu s přední a zadní plochou čočky na vytvoření ostrého obrazu na sítnici. Předpokladem její průhlednosti je její neustálé zvlhčování.

Cévnatka:

je pigmentová vrstva vyživující cévy na vnitřní straně bulbu – tvoří 2/3 vnitřní zadní stěny koule. Zabraňuje rozptylu světelných paprsků uvnitř oka. Cévnatka vpředu pokračuje jako tzv. řasnaté těleso, jehož podkladem je drobný hladký sval. Od jeho okrajů vybíhají tenká vlákna připojující pouzdro čočky. Smrštěním svalu povolí tah vláken a čočka se vlastní pružností vyklene. Při uvolnění svalu čočka zploští. Tím se mění její optická mohutnost a ohnisková vzdálenost.

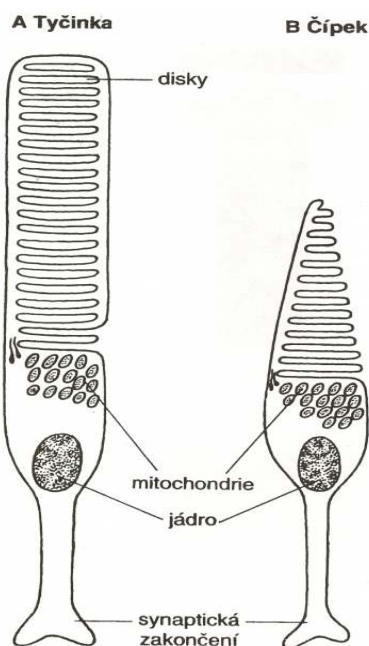
Čočka:

je nehomogenní těleso tvaru dvojvypuklé čočky z tuhé, rosolovité, dokonale průhledné hmoty. Je asi 4 mm silná, její povrchové části mají index lomu 1,38 a vnitřní části 1,41. Během života přibývají na čočce vrstvy, které s přibývajícím stářím tvrdnou a snižují akomodaci oka. Optická mohutnost samotné čočky je 18 D. Po šedém zákalu se vyjmutá čočka může nahradit spojkou o optické mohutnosti minimálně 15 D.

Sítnice:

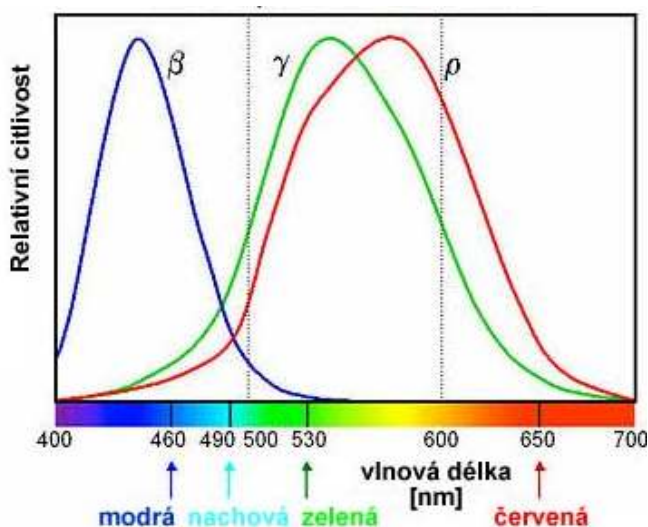
vystýlající vnitřní povrch cévnatky je 0,2 mm až 0,4 mm silná. Tvoří ji 11 vrstev. V sítnici je $1.2 \cdot 10^6$ tyčinek a $5-7 \cdot 10^6$ čípků. Tyčinky slouží pro vnímání světla, čípky jsou receptory barevného vidění. Místem nejostřejšího vidění je tzv. žlutá skvrna o průměru 1 mm. V ní převládají čípky. Sítnice je citlivá na barevné spektrum v intervalu vlnové délky 400 až

750nm (velmi citlivé oko až v rozmezí 380–780nm). Citlivost oka je největší při 555nm (zelená barva). Oko dokáže rozlišit 130 až 250 čistých barevných odstínů. Poruchami barvocitu trpí asi 4 % lidí (9 % mužů a 0,4 % žen). Slepá skvrna – místo bez čípků a tyčinek, kde zrakový nerv opouští bulbus – je asi 5 mm vzdálená od žluté skvrny.



Obr. 2: Tyčinky a čípky[4]

Oko dokáže údajně rozlišit několik desítek milionů barev, jméno má přitom jen několik desítek z nich. Vedle "černobílých" tyčinek obsahuje sítnice tři druhy čípků - každý druh s jiným světlocitlivým pigmentem reaguje na jinou barvu (vlnovou délku světla). Červené čípky reagují zejména na červeno-žlutou barvu, zelené reagují zejména na zeleno-žlutou a modré na modro-fialovou barvu. Citlivost tří čípků oka hrubě odpovídá červené, zelené a modré viz obr. 9.



Obr. 3: Citlivost lidského oka na barvy

Rozsah vnímaných barev vyšetřujeme pomocí barevných tabulek. Na barevném pozadí jsou dva obrazce, jeden se liší barevným odstínem a druhý má stejný odstín (vlnovou délku), ale odráží lehce jinou intenzitu světla. Barvoslepí vnímají lépe intenzitu světla, než ti, kteří mají správné fyziologické vidění, a proto čtou jiný obrazec.

Oční komory:

jsou štěrbinovité prostory mezi rohovkou a duhovkou (přední komora) a duhovkou a čočkou (zadní komora). V nich cirkuluje komorová voda tvořená z krevní plazmy.

Víčka, spojivky a slzný aparát:

chrání oko před vysycháním, poškozením a zánětem. Slzná žláza (glandula lacrimalis) je umístěna zevně pod stropem oční. Slzy odtékají ve vnitřním koutku slznými kanálky do dutiny nosní.

2.2 FYZIOLOGIE BINOKULÁRNÍHO VIDĚNÍ

Prostorové vidění je závislé na vzájemné součinnosti obou očí, proto je oblast prostorového vidění omezena pouze na binokulární zorné pole. Pro správný vjem hloubky obrazu se připisuje důležitá hodnota binokulárnímu vidění. Navzdory tomu je však scéna vnímána i monokulárně. Tento fakt je závislý na relativní vzdálenosti předmětů, na jejich vzájemném pohybu a určitou roli zde hrají i jejich stíny.

Funkce binokulárního vidění je založena na natáčení os obou očí tak, aby se pozorovaný předmět protnul. Tento jev se nazývá konvergence očních os. Při pohledu do dálky jsou osy obou očí teoreticky rovnoběžné. Výsledný úhel, které svírají oční osy při pozorování předmětu se nazývají stereoskopická paralaxa. Konvergence očních os musí být koordinována s akomodací (viz. kapitola 2.2.1), také s okohybnými svaly, aby bylo možné sledovat i předměty, které se pohybují.

Vzruchy na sítnici vyvolané dopadem paprsků sledovaného předmětu splývají v jeden obraz (fúze). V každém oku vzniká obraz na sdruženém místě tzv. korespondující body, ty byly na sítnici vytvořeny zkušenostmi z dětství. Aby tedy sledovaný obraz mohl být vnímán jako jediný předmět, musí paprsky dopadnout právě do korespondujících bodů.

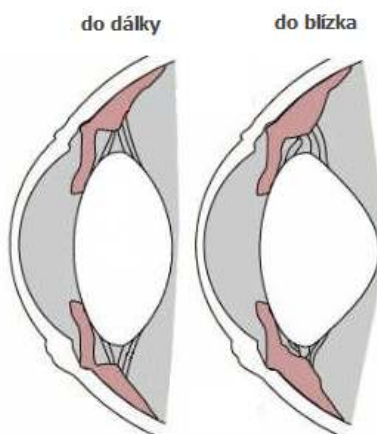
Obrazy, které splývají z obou očí v jeden zrakový vjem se od sebe z důvodů různé polohy očí poněkud liší. Střed zornic jsou od sebe vzdáleny od 56mm až po 72mm (za průměrnou hodnotu považujeme 65mm). Určitá odlišnost obrazů je příčinou stereoskopického vidění.

2.2.1 Akomodace

Akomodace je přizpůsobení oka při zaostřování na různě vzdálené předměty. Oko mění svou optickou mohutnost (dioptrie) zploštěním nebo vyklenutím čočky pomocí oční

svalu. Při zaostření na dálku se napnou oční svaly, oční čočka se zploští a zornice se rozšíří, při zaostření do blízka jsou svaly povolené, oční čočka je širší a zornice se zúží (viz. obr. 4). K akomodaci dochází samovolně, jakmile se zadíváme na nějaký předmět, ale můžeme ji vyvolat částečně i vědomě, např. když schválně rozostříme. Pokud pozorujeme vzdálené předměty, oční čočka je méně zakřivená a akomodace je menší, při sledování blízkých předmětů je akomodace vyšší a čočka je více zakřivena. Lidské oko zvládá měnit svou optickou mohutnost až o 12 – 15 dioptrií. Tuto akci zvládne za cca 1/3 sekundy. Ve vyšším věku se schopnost akomodace snižuje, dochází ke zrakové vadě presbyopii.

U normálního (emetropického) oka se rovnoběžné paprsky dopadající na rohovku lomí tak, že se spojují na sítnici v jednom bodě. U krátkozrakého je lomivost paprsků větší a u dalekozrakého menší.



Obr. 4: Akomodace oka [4]

Akomodace - Blízký bod

Je oku nejbližší bod v předmětovém prostoru, který oko vidí ostře při maximální akomodaci.

Akomodace - Vzdálený bod

Je naopak nejvzdálenější bod, který v předmětovém prostoru vidí oko ostře bez akomodace. Poloha těchto bodů vzhledem k oku se stářím mění. Normální oko má blízký bod u 10letých 0,065 m, u mladých lidí je 0,1 až 0,15 m, u 60letých 0,65 až 2 m (proto se uvádí průměrná hodnota 0,2 m), vzdálený bod je v intervalu <5m; nekonečno>. Uvedené číselné údaje jsou však závislé na osvětlení předmětu. U krátkozrakého se blízký bod přibližuje až k nosu a vzdálený na vzdálenost menší než 1 m. U dalekozrakého oka je blízký bod dále než 0,2m.

Se zdravým zrakem se rodí 95 % lidí. Vrozenou či získanou krátkozrakostí trpí asi 10 % 15letých žáků a 35 % vysokoškoláků. Je zde vidět patrně vliv nadměrného užívání zraku při studiu – čtení textu. Dalekozrakých (nepočítaje “stařeckou” dalekozrakost) je asi 6,6 %.

2.2.2 Zorný úhel, zorné pole

Zorný úhel je úhel sevřený okrajovými paprsky předmětu mající vrchol v oku. Nejmenší zorný úhel dvou bodů, které jsme ještě schopni rozlišit jako dva různé, je 1' velmi citlivé oko dokonce až 10". Bývá jím definována zraková ostrost – vize jako míra rozlišovací schopnosti. Je třeba poznamenat, že za šera může být rozlišovací schopnost oka až 10krát nižší a že závisí i na tvaru sledovaného předmětu.

Zorné pole jednoho oka je 130° ve vertikálním a 160–164° v horizontálním směru (od -60° do +104° je to dáno nosem a očnicí). Při binokulárním vidění (při pohledu oběma očima) je zorné pole od -104° do +104°.

2.3 FYZIOLOGICKÝ VÝVOJ BINOKULÁRNÍHO VIDĚNÍ

Novorozenecké období

Z lékařského hlediska lze říci, že zrak je nejdéle vyvíjející se smysl, který člověk má. U novorozence je vývoj oka ještě zcela nedokončen – nemá na sítnici vyvinut nejostřejší vidění, čípky nejsou ještě správně uspořádané a také nejsou v požadovaném tvaru. V novorozeneckém období dítě neumí sledovat a ani fixovat většinu zrakových podnětů. Zvládá pouze vnímat prostor jako takový. Ke zlepšení zrakového vjemu dochází ve druhém týdnu života. Začátek prvního měsíce života novorozence je považován za počátek nepravidelné, monokulární fixace neboli primitivní senzorické fixace. [1][5]

Kojenecké období

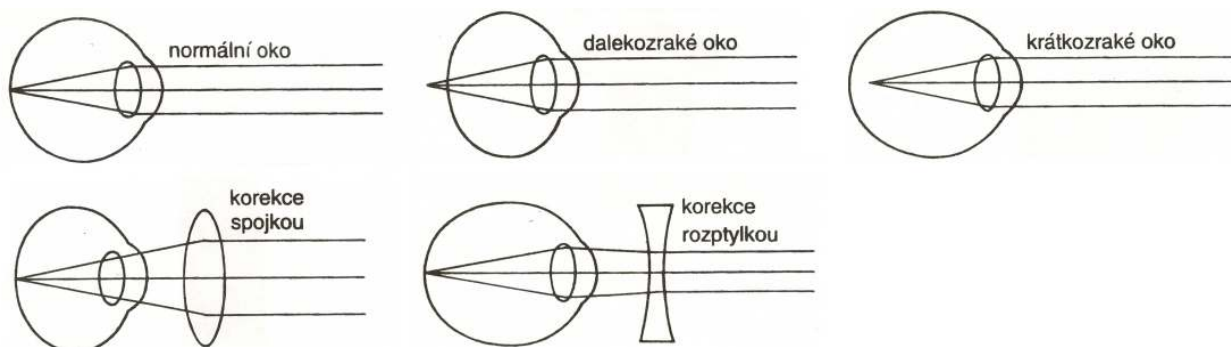
Teprve ve druhém měsíci začíná dítě používat obě oči současně, objevuje se tzv. krátkodobá binokulární fixace. Ve třetím měsíci se mění fixace na nepravidelnou foveolární. Dítě začíná nastavovat osy pohledu očí k podmětu, je to začátek protisměrných, disjungovaných pohybů očí. Čtvrtý měsíc je zejména důležitý pro správný vývoj binokulárního vidění. Od této doby začíná dítě akomodovat. Vzniká tak základ akomodačně konvergenčního reflexu, snaha o zobrazení blízkých předmětů do oblasti žluté skvrny sítnice. V následujícím pátém a šestém měsíci se začíná vyvíjet fúzní reflex. Tato fúze umožňuje spojit obrazy obou očí v jeden prostorový vjem. Vzniká jednoduché binokulární vidění. V dalších měsících se prostorový vjem (binokulární reflexy) ustaluje a neustále zdokonaluje. Za toto zdokonalení může zejména osahávání různých předmětů, odhad vzdálenosti, atd.

Období batolete a předškolní věk

Do dvou let je upevněna souhra akomodace a konvergence. Do tří let je ukončen vývoj všech reflexů. Do pěti, šesti let se vyvinuté vidění stabilizuje, upevňují se nepodmíněné reflexy.

2.4 VADY ZRAKU

Mezi nejčastější vady zraku patří lomivost oka. U krátkozrakosti (myopie) se rovnoběžné paprsky protínají před sítnicí, protože bulbus je příliš dlouhý. Vadu korigujeme rozptylkami. Při dalekozrakosti (hypermetropie) je bulbus příliš krátký a oko musí akomodovat již při pohledu do dálky a při pohledu na blízko oko více akomodovat nemůže. Vadu korigujeme spojkami. U astigmatismu je rozdíl lomivosti ve dvou na sebe kolmých rovinách. Tuto vadu korigujeme cylindrickými čočkami. Nejmodernější léčba krátkozrakosti je zbroušení rohovky pomocí laseru a tím se zmenší lomivost oka. Porucha okohybných svalů způsobuje např. šilhání (strabismus), který může být sbíhavý (konvergentní) nebo rozbíhavý (divergentní). Může také docházet k výpadkům zorného pole z důvodů vzniku např. zeleného zákalu. To může ovlivnit jak binokulární, tak i vidění monokulární. Příčinou výpadku může být i přerušení zrakových cest z oka do mozkové kůry. [4]



Obr. 5: Vady zraku[4]

3. STEREOSKOPIE

Následující kapitola pojednává o historii a jednotlivých technologiích, které vedou pro získání stereoskopického vjemu. Na konci kapitoly je uvedeno shrnutí a porovnání popsanych metod.

3.1 HISTORIE STEREOSKOPICKÉ TECHNIKY

Lze s určitou pravděpodobností říci, že teorie v tomto oboru byla započata již Euklidem Alexandrijským (*325př.n. l.). Stejně jako řecký doktor Claudius Galen (*129) uvedl, že lze každým okem snímat předměty odlišně. Také definovali, že pokud sledujeme kouli pomocí dvou očí, je vidět větší část povrchu. Dále se datuje řecký astronom Ptolemy (*127), který studoval horopter a dvojité vidění. Arabský matematik Alhazen (*965) se zabýval optikou a binokulárním viděním, stejně tak jako Johannes Kepler (*1571) a René Descartes (*1596). Od teorie syntézy sítnicových obrazů v mozku, nastíněné Christianem Huygensem (*1629) a Isaacem Newtonem (*1643), byl již jen krůček k důkazu, že prostorový pocit vzniká v mozku pomocí sítnicové disparity. Základní článek publikoval Charles Wheatstone (*1802) v roce 1838.[6]

Důkaz pro teorii Wheatstonea podal v roce 1967 profesor Horace Barlow (*1921). Se jménem Wheatstone je spojen první přístroj umožňující prohlížení stereoskopických obrazů viz obrl.



Obr. 6: Stereoskop – pro stereo pohlednice[7]

3.2 ZAVEDENÉ TECHNOLOGIE PRO ZISK PROSTOROVÉHO VIDĚNÍ:

V průběhu vývoje vznikaly různé pokusy o získání prostorového vjemu. Tyto pokusy daly vzniku různých druhů technologií lišících se od ceny, přes účel použití, projekcí stereo páru, kvalitou a technikou zpracování.

3.3 PASIVNÍ PROJEKCE

Tato projekce je založena na brýlích, které mají zabudovaný polarizační filtr. Funkce těchto filtrů spočívá v tom, že propouští pouze v určité rovině. Například pro pravé oko je filtr nastaven tak, aby propouštěl pouze světlo kmitající v horizontální rovině. Pro levé oko platí v podstatě ten samý princip, jen je změna v tom, že je filtr otočený o 90° a propouští světlo kmitající ve vertikální rovině.

Důležitou roli zde hrají projektory, kterými scénu promítáme. Pro každý projektor musíme použít stejný polarizační filtr jaký je použit pro brýle. Následné promítání je na speciálně upravené plátno, které musí zanechat polarizaci dopadajícího světla. Finální obraz vysílán pozorovateli je zpracován přes polarizační filtr v brýlích, a to tak, že každé oko dokáže zpracovat pouze příslušný obraz.

Tato technologie je poměrně nákladná, ale velice kvalitní ve velkém rozlišení a výsledný obraz je stabilní, tudíž ji lze používat pro větší počet lidí. Používá se například v kinech Oskar IMAX. [6][7]

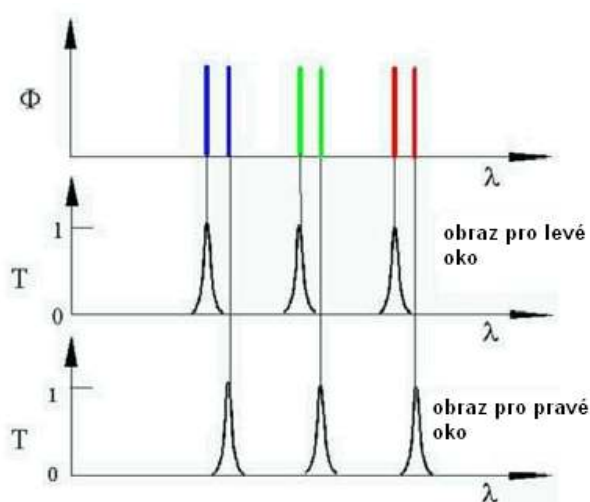


Obr. 7: Schéma pasivní projekce[7]

3.4 INFITEC

Tato technologie se zahrnuje mezi pasivní projekce. INFITEC (Interference Filter Technology) využívá vlnového rozkladu obrazu, tzn., že nevyužívá polarizované filtry. Výhodou u této technologie je ta, že není zapotřebí využít speciálního projekčního plátna. Ve srovnání s lineární polarizací zde nemá žádný vliv natočení či pohyb diváka na výslednou kvalitu obrazu. Abychom byli schopni správně sledovat výslednou scénu, je zapotřebí použít brýle Infitec a Infitec filtry. Mezi nevýhody této technologie se řadí princip dělení barevného spektra, tzn., že výsledný obraz může být viděn pro pravé oko a levé oko s větší hodnotou barevné složky. Avšak tento jev je pro většinu pozorovatelů neviditelný.

V posledních letech spatřilo světlo světa inovovaná technologie Infitec+, která již umožňuje použití pouze jednoho monitoru a výsledný obraz je vysílán střídavě pro pravé a levé oko. Opět zde není nutné použití speciálního plátna. Dochází zde k úplné separaci obrazu pro levé a pravé oko a je umožněna určitá volnost pohybu. Není potřeba použít aktivní brýle, ale pouze lehké Infitec. [6][8]



Obr. 8: Uspořádání barevných filtrů metody Infitec pro levé a pravé oko [8]

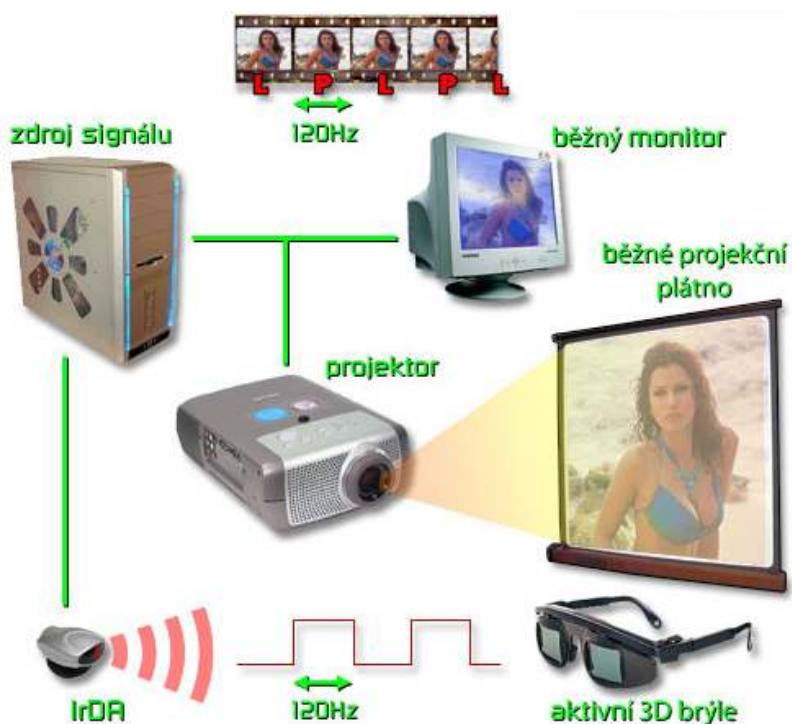
3.5 AKTIVNÍ PROJEKCE

Základním rozdílem mezi aktivní a pasivní metodou je ten, že při aktivní projekci se obraz promítá s dvojnásobnou snímkovou frekvencí a není zde nutné použití speciálního projekčního plátna. K této technologii je pouze nutné použít brýle, které musí být synchronizované se snímkovou frekvencí zobrazovacího zařízení. Funkce aktivních 3D brýlí funguje na principu zakrývání pravého a levého oka během jedné poloviny snímkové frekvence monitoru a proto jsou stanoveny minimální hodnoty. Tyto hodnoty frekvence jsou stanoveny u CRT monitorů minimálně na 100Hz, pro LCD monitory a televizory musí být minimální snímková frekvence 120Hz. Během jedné sekundy je tak promítnuto 60 obrazů pro každé oko. Jeden snímek je tedy zobrazen pouze 1/120 sekundy. Ve výsledku je každý první

obrázek poskytnut pravému oku a každý druhý levému oku. Při takto přepínaném obrazu nám však vzniká mezera mezi jednotlivými obrazy. Tato mezera je však díky vysoké snímkové frekvenci pro mozek „neviditelná“. Následně mozek z takto oddělených snímků složí výsledně vzniklou prostorovou scénu. Pro propojení a správnou synchronizaci brýlí s promítanou scénou se používá nejčastěji přenos IrDa.

U této technologie je nejběžnější použití v domácím prostředí, protože je zapotřebí jen dodržet danou minimální snímkovou frekvenci a dále mít správně nastavené 3D brýle. Se zařízením pracujícím na tomto principu se lze setkat v ČR například v Institutu Intermedií na Českém vysokém učení technickém v Praze. Zařízení s názvem CAVE je složeno rovnou ze tří projekčních pláten a slouží k demonstraci možností současné techniky a také k výuce studentů. V posledních letech se toto aktivní zobrazení tlačí i do herního průmyslu. Typickým představitelem tohoto odvětví je firma NVIDIA, která v posledních letech vyrábí řadu speciálních 3D grafických karet a zatmívacích brýlí pod komerčním názvem NVIDIA 3D Vision [10]. Mezi hlavní výhody patří kvalitní plnobarevné zobrazení, dále nám pro projekci postačí klasické projekční plátno. V neposlední řadě lze tuto metodu propojit i se standardními CRT monitory. [6][7]

Nevýhodou této technologie je, že každý uživatel musí mít poměrně komplikované elektrotechnické brýle, z čehož vyplývá, že tato metoda není příliš vhodná pro větší počet diváků. Další nevýhodou jsou celkem vysoké nároky na zobrazovací zařízení. Projekce vyžaduje specializovaný nestandardní projektor.



Obr. 9: Schéma aktivní projekce[7]

3.6 ANAGLYF

Výroba anaglyfu je postavena na základu objeveném v roce 1853 Wilhelmem Rollmannem z Lipska, ten tento jev jako první dokumentoval a sestavil první úlohy. Nejstarší anaglyfy byly tištěny soutiskem ze dvou štoků červenou a zelenou barvou přes sebe nebo promítány projektorem se dvěma objektivy přes barevné filtry. Vhodnější azurová barva se začala používat až později.

Tato technologie v dnešní době spadá mezi nejznámější a nejjednodušší techniky jak dosáhnout hloubky obrazu, spadá také do škály nejlevnějších. Použití je jak pro sledování prostorového videa či animace, tak i pro zobrazení prostorového obrazu či textu. Základním principem jsou brýle s barevnými filtry, tedy správné poskládání barev v použitých brýlích jsou nejdůležitějším faktorem pro správnou funkci a vytvoření vjemu. Nejčastěji používané brýle jsou vybaveny červeným filtrem pro jedno oko a modrozeleným (red-cyan) pro druhé oko.



Obr. 10: Brýle pro anaglyf

Většinou u těchto brýlí platí, že červená barva je použita pro pravé oko a modrozelená pro levé oko. Při sledování scény za pomoci barevných brýlí dostává divák přes červený filtr modrozelenou složku obrazu a v případě modrozeleného filtr získá červenou. Promítání výsledné stereoskopické scény je tedy správné složení dvou obrazů, z nichž každý byl upraven použitým filtrem. Při sledování takto vytvořené scény za pomoci brýlí dostává divák do každého oka separátní obraz. Mozek následně vytvoří ze získaného obrazu výslednou stereoskopickou scénu. [6][7]

Nevýhodou anaglyfu je tzv. „vznik duchů“. Vznikají zejména na kontrastních hranách, kde se střídají tmavé a světlé plochy. Mohou vznikat ze dvou důvodů. Prvním a nejčastějším důvodem je běžně používaný grafický formát JPEG, který i při malé kompresi ukládá obrazové informace po čtvercích. V jinak dobrém anaglyfu tím mohou vzniknout neodstranitelné chyby. Proto je vhodné pro anaglyfy používat nekomprimované formáty jako PNG nebo TIFF. Druhým důvodem vzniku chyb mohou být nepřesné barvy vytvořeného anaglyfu. To může záviset na kvalitě i kalibraci monitoru i tiskárny. Lze se setkat i s brýlemi s nepřesnými barvami filtrů.

Částečným řešením na odstranění chyb je tzv. plovoucí okno (floating window). Princip spočívá v tom, že se anaglyf sesadí tak, aby se hlavní motiv nebo nejproblémovější část obrazu přesně překrývaly. Tím nevzniknou hrany, kde by se mohly chyby objevit. Většinou tím dojde k porušení stereoskopického okna. To pak lze napravit rámečkem plovoucím v prostoru před zobrazovací plochou. Mezi další nevýhody této technologie patří výrazná ztráta barevných informací díky použitým filtrům, patří tedy do kategorie nejméně kvalitních projekcí stereoskopických scén. Tato technologie je také nejméně vhodná pro komerční použití. [6][7]

Výhodou této technologie je zejména její snadná dostupnost, cena (cena brýlí se v ČR pohybuje v řádech desítek Kč) a výroba. Pro výrobu anaglyfu lze pořídit od jednoduchých freeware programů až po špičkové komerční programy jako je například Zoner Photo Studio. Mezi další výhodu patří její snadné šíření záznamu.



Obr. 11: Schéma pro anaglyf[7]

3.7 AUTOSTEREOSKOPICKÉ MONITORY

Tato technologie využívá speciální folii - tzv. prizmovou masku, která je umístěna před LCD monitorem. Úkolem této fólie je lámat různé pixelové sloupce vedle sebe vždy trochu jiným směrem. U některých monitorů se nabízejí dva směry. Tudíž každý lichý pixelový sloupec je zlomen směrem jedním a každý sudý svislý sloupec pixelů směrem druhým. V tomto případě dostává divák do každého oka svůj oddělený obraz a mozek skládá stereoskopickou scénu správně. Velkou výhodou této projekce je fakt, že není zapotřebí využívat žádné 3D brýle. U pasivních stereoskopických monitorů je divák nucen sedět

v předem stanovené pozici před obrazovkou. Při vychýlení se z této osy dochází ke ztrátě hloubkového vjemu. Další výhodou je získání plnohodnotného obrazu a malé nároky na prostor.

Nevýhodou je zavedená cena těchto zařízení. Dále toto zařízení není vhodné pro velký počet pozorovatelů. [6][9]

3.8 POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH STEREOSKOPICKÝCH ZOBRAZOVACÍCH METOD

Z předchozích několika stran bylo možno zjistit, jak každá zobrazovací metoda pracuje. V tabulce 1 je vyobrazeno jaké stereoskopické metody jsou vhodnější na různých místech.

Technologie aktivní metody je vhodnější pro menší počet diváků, lze ji taky hojně využít pro domácí scény. Jak již bylo zmíněno, tak tato technologie se v poslední době vyskytuje zejména u firmy Nvidia jako hardware pro hraní 3D her.

Anaglyf je nejvýhodnější co se týče ceny, ale za to poskytne divákovi špatný barevný vjem. Použití je většinou jen pro reklamní účely.

Pasivní metoda je vhodná pro velké projekce, pro velký počet diváků. Velké využití je nyní v 3D kinech.

Tab. 1: Porovnání jednotlivých technologií [7]

METODA	ROZLIŠENÍ OBRAZU	VHODNÉ PRO PROJEKCI	BAREVNÉ INFO	ZOBR. NA LCD (CRT)	POČET DIVÁKŮ	CENA
PASIVNÍ PROJEKCE	VYSOKÉ	ANO	PLNÁ	NE	VELKÝ	STŘED
AKTIVNÍ PROJEKCE	VYSOKÉ	ANO	PLNÁ	NE	MALÝ	VYŠŠÍ
ANAGLYF	STŘEDNÍ	ANO	ZTRÁTA	ANO	VELKÝ	NÍZKÁ
AUTO- STEREOSKOP. MONITOR	STŘEDNÍ	NE	PLNÁ	ANO	MALÝ	VYŠŠÍ

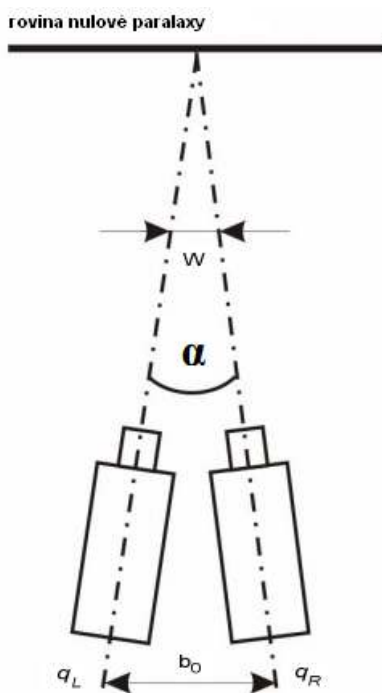
4. SNÍMÁNÍ STREOSKOPICKÉ SCÉNY

Pro snímání stereoskopické scény lze využít v praxi dvě základní metody nastavení pozic kamer. Jedna z těchto metod je založena na natočení os kamer k sobě (TOE-IN). Druhá metoda spočívá v nastavení os kamer rovnoběžně (OFF-AXIS). Pro přesvědčivý výsledek je vhodné použít dvě identické kamery a využít synchronizovanou spouští. Je vhodné také používat stejné nastavení parametrů kamer, což je nastavení clony, citlivosti, doby snímání, atd. (viz. Kapitola 4.3).

4.1 METODA TOE-IN

U metody TOE-IN, se jedná o natočení os obou kamer tak, aby snímáný bod byl protnut v jednom výsledném místě. Metoda ve své podstatě odpovídá konvergenci lidských očí na objekt, z čehož lze usuzovat, že se jedná o nejvhodnější formu snímání. Tato teorie však není správná. Dochází zde ke vzniku vertikální paralaxy. Problém paralaxy nastává při prohlížení výsledného pořízeného snímku - okolí obrazu bývá rozmazané, často neidentifikovatelné a viditelný je pouze výsledný bod, ve kterém se protnuly osy kamer. Tento jev vzniká zejména díky snímači fotoaparátu, který je rovný, což sítnice oka není. Toe-in je vhodná například pro získání detailu blízkého předmětu.[11][13][14]

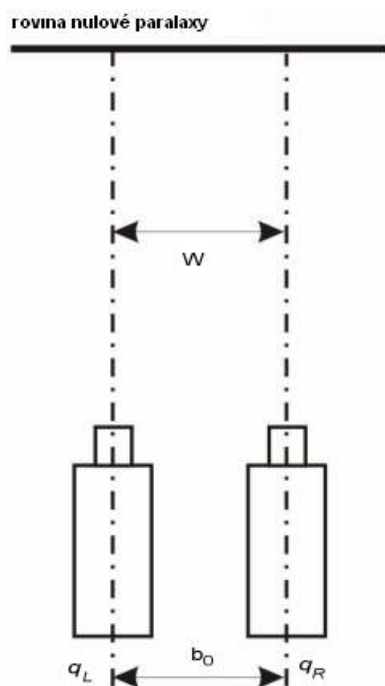
Výslednou paralaxu, která zde vznikne, je možné eliminovat za použití homogenní barevné plochy za fotografovaným cílem. Tímto způsobem lze zabránit i rozostření v důsledku velké hloubky.



Obr. 12: Metoda TOE-IN

4.2 METODA OFF-AXIS

Metoda OFF-AXIS neboli nastavení os kamer rovnoběžně je správná a v našem případě používaná metoda k tvorbě ideálního stereoskopického videa. Nevzniká zde jako u předchozí metody vertikální paralaxa. Bod konvergence leží nekonečně daleko před objektivy. Avšak i tato metoda má svou nevýhodu. Chyba spočívá ve snímání obrazu, kdy za využití identických kamer je určitá část obrazu získána pouze pro levou kameru a stejně tomu je tak i pro pravou kameru. [11][13][14]



Obr. 13: Metoda OFF-AXIS

Pro správné zpracování do finální podoby je nutné snímky ořezat tak, aby byla viděna pouze scéna společná pro obě kamery. Ořezání je nutné provést pouze horizontálně, neboť jsou kamery v jedné rovině. Tento jev lze řešit dvěma způsoby. První způsob řešení je posunutím čočky v kameře, avšak tato možnost nastavení musí být již od výrobce zakomponovaná v aparátu. Druhý způsob je posunutí snímku před výsledným sloučením stereopáru. Využití této metody je vhodné zejména u softwarové korekce. Postup této metody spočívá v následujících krocích. Nejdříve stanovíme pozorovací úhel kamery ($45^\circ - 60^\circ$). Poté si zvolíme s jakou vzdáleností se budou nacházet objekty s nulovou paralaxou. Celková velikost, o kterou je potřeba posunout snímky Δ je dána následujícím vzorcem

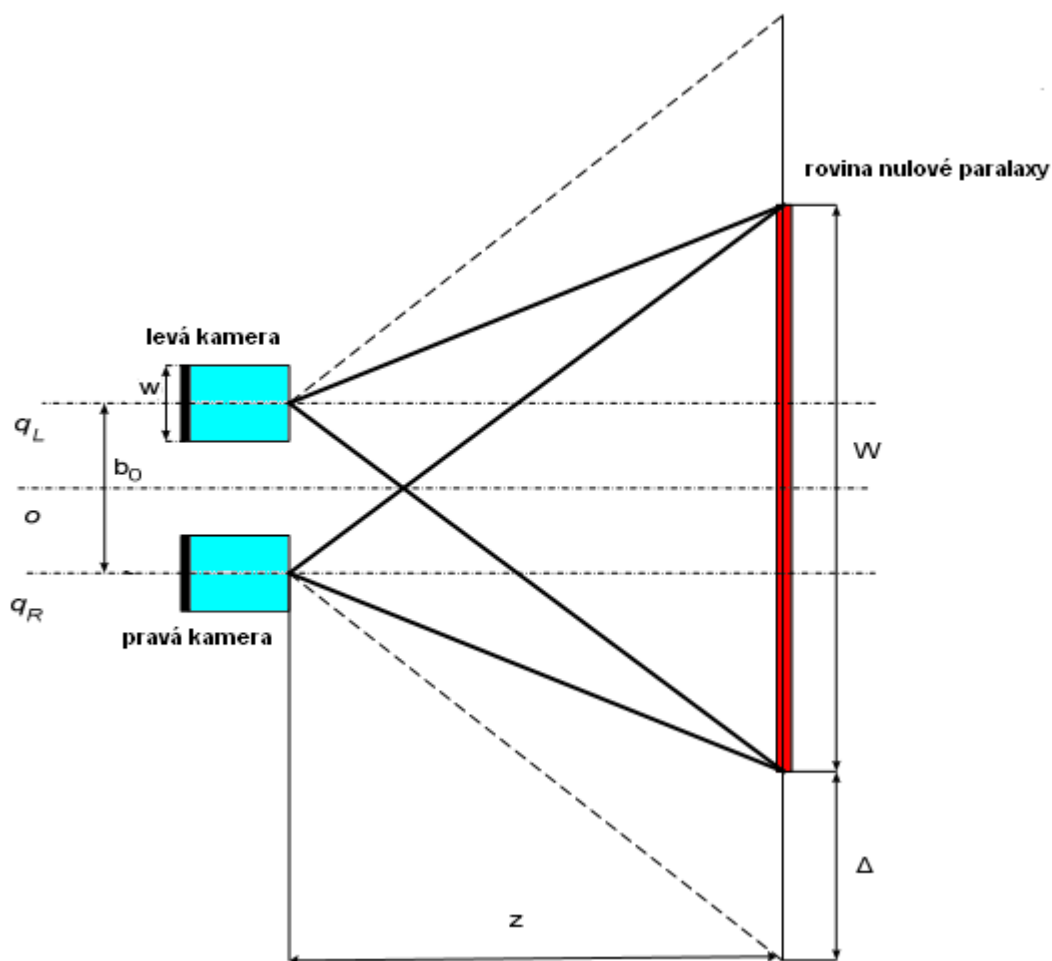
$$\Delta = \frac{b_0 \cdot w}{2 \cdot z \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \quad (4.1)$$

Kde α je zorný úhel kamery, W je požadovaná šířka spojeného snímku, z je hranice požadované nulové paralaxy. [12][14][16]

Z uvedeného vzorce vyplývá, že ztrácíme určitou část obrazové informace, neboť levý snímek bude ořezán zleva o hodnotu Δ a pravý taktéž o hodnotu Δ zprava. Proto je vhodné pozměnit hodnotu zorného úhlu, takto dojde k zachování obrazové informace. Pro toto stanovení využijeme následující vzorec. [12]

$$\alpha' = 2 \arctan \frac{(w + \Delta) \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{w} \quad (4.2)$$

Zde α' představuje požadovaný zorný úhel pro nastavení kamer před ořezáním, aniž by došlo ke ztrátě informací pro výslednou šířku snímku.



Obr. 14: Příklad oříznutí scény metodou OFF-AXIS

4.3 NASTAVENÍ SNÍMANÉ SCÉNY A JEJÍ PŘÍPADNÉ CHYBY

V následující části je sepsáno několik bodů, které bychom měli dodržet při snímání stereoskopické scény. Při nenastavení stejných parametrů videokamer lze ve výsledné promítané scéně spatřit určité jevy nedokonalosti.

4.3.1 Nastavení citlivosti

U digitálních fotoaparátů lze nastavit hodnotu ISO (nejčastěji 100-1600). Fotopřístroje si tuto hodnotu volí automaticky, závisle na dané fotografované situaci, tudíž vždy správně přizpůsobí citlivost snímače při jakékoliv scéně. Můžeme ovšem do této hodnoty i zasáhnout a nastavit dle své libosti. Fyzicky se při nastavení citlivosti se snímačem nic neděje, jen se změní nastavení propočítání informací pro procesor a analog digitální převodník. Ty potom například pochopí, že nejsou lepší světelné podmínky a danou situaci bere jako také dobrou. Nastavení vyšší citlivosti ISO sebou nese problém šumu, podobně jako je tomu u negativu, kde je při vyšší citlivosti vidět větší zrnitost. [13][15]

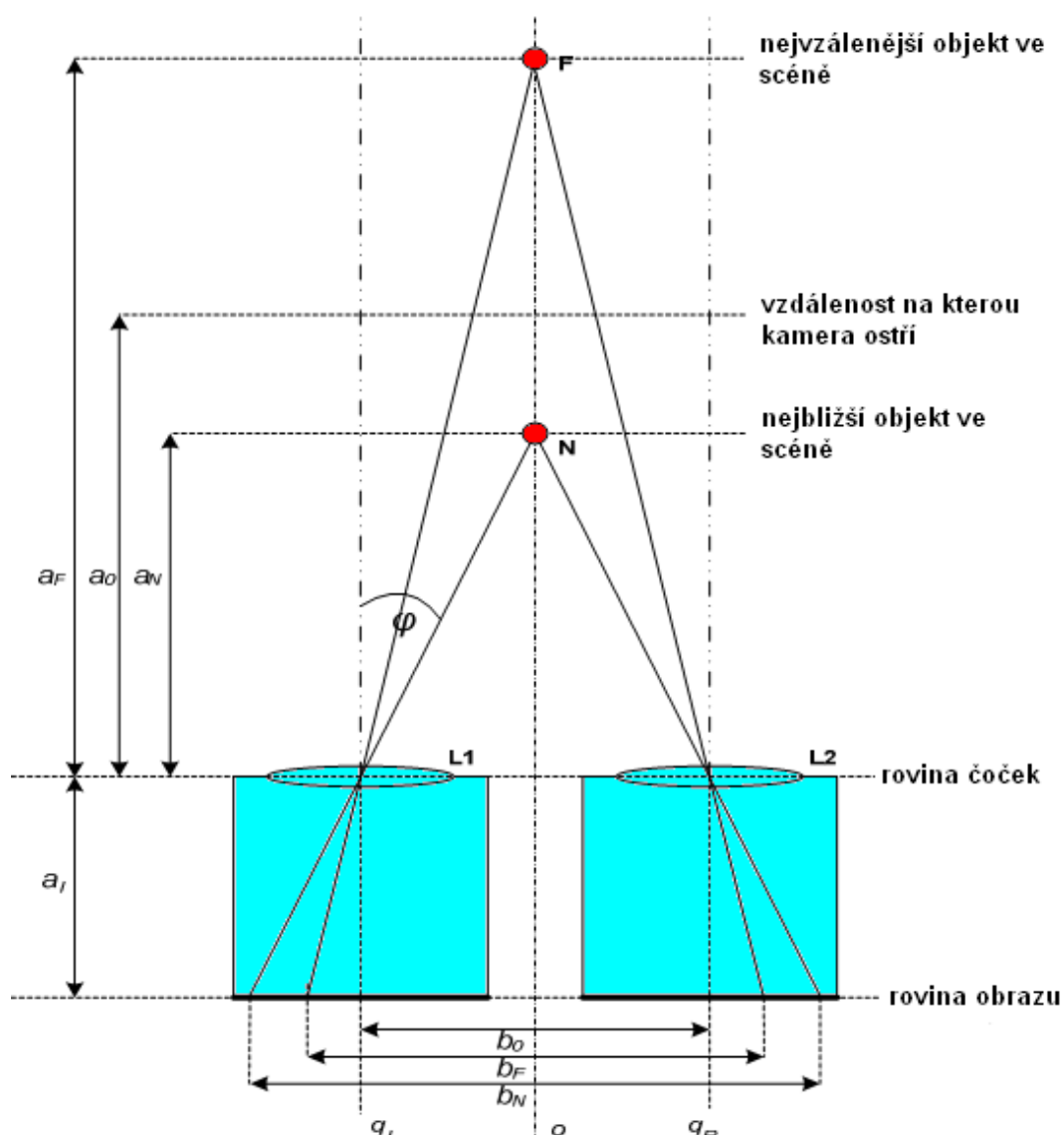
4.3.2 Nastavení clony

Clonu lze charakterizovat jako přepážku s otvorem uprostřed. Tato přepážka je součástí objektivu. V závislosti se změnou otvoru v cloně se mění a tímto způsobem reguluje množství světla, které prochází objektivem a dopadá na film. Čím je clona větší (otevřená), tím více světla bude dopadat na film. Velikost otvoru clony se nenastavuje plynule. Existují normované polohy otevření clony, které se značí clonovými čísly f . Standardní řada těchto čísel je $f/1$, $f/1.4$, $f/2$, $f/2.8$, $f/4$, $f/5.6$, $f/8$, $f/11$, $f/16$, $f/22$. Některé objektivy umožňují nastavovat i půl polohy např. $f/13$ mezi $f/11$ a $f/16$. S rostoucím clonovým číslem klesá velikost clonového otvoru. Systém čísel f je normován tak, že při stejném clonovém čísle f bude dopadat na film vždy stejné množství světla, aniž by záviselo na typu objektivu. [13][15]

4.3.3 Nastavení expozice

Expozice je udávána jako hodnota EV (exposure value) a popisuje vlastní proces i množství světla dopadajícího na senzor. Je ovlivněna citlivostí ISO, velikostí clonového čísla a dobou otevření závěrky fotoaparátu. K zjištění správné hodnoty můžeme využít expozimetru a následně vhodně kombinovat citlivost ISO a clonu, tím pádem hloubku ostrosti nebo zachycení pohybu ve scéně. Nulová hodnota EV je definována při čase 1s, cloně $f1$. 1 EV pak odpovídá polovině propuštěného světla. [13][15]

4.3.1 Nastavení stereobáze



Obr. 15: Nastavení stereobáze

Z obrázku je patrné, že stereobáze b_0 je hlavním parametrem. Tento parametr určuje nastavení vzájemné vzdálenosti dvou kamer. Předměty ve scéně jsou znázorněny bodem F, tento bod je nejvzdálenější od snímané scény. Další bod N je ten, který leží nejbližší u soustavy kamer. Tyto parametry budou zahrnuty ve vztahu k rovině nulové paralaxy. Pokud však nebudeme používat nulovou paralaxu, pak nejbližší bod scény je vhodné pozorovat za nulovou paralaxou. Vzdálenost jednotlivých cílů jsou v obrázku zaznamenány jako a_N , a_0 a a_F . Určením těchto vzdáleností jsou stanoveny vzdálenosti od čoček kamery k objektům ve scéně. Používané nastavení kamer je metoda OFF-AXIS, lze tedy s největší pravděpodobností předpokládat, že osy jednotlivých kamer jsou rovnoběžné. Tento fakt nám dále usnadní výpočty. [11][12][14][24]

Následně tedy vycházíme ze vztahu

$$\tan(\alpha) = \frac{\frac{b_0}{2}}{a_N} \quad (4.3)$$

Na tento vztah lze uplatnit podobnost trojúhelníku a protilehlých úhlů. Stanovíme tedy, že úhel α bude

$$\tan(\alpha) = \frac{\frac{b_N - b_0}{2}}{a'} \quad (4.4)$$

Z těchto dvou použitých vztahů lze získat rovnici, která vypočte vzdálenost nejbližšího bodu jak na pravém snímku, tak i na levém

$$b_N = \frac{a' \cdot b_0}{a_N} + b_0 \quad (4.5)$$

kde a' představuje obrazovou vzdálenost. Tuto vzdálenost lze vypočítat na základě zobrazovací rovnice čoček

$$\frac{1}{a'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a_0} \quad (4.6)$$

Zde nám a_0 představuje vzdálenost předmětu od roviny nulové paralaxy a f je ohnisková vzdálenost čočky kamery. Pokud by nastal stav, kdy předmětová vzdálenost by se blížila nekonečnu, tak ohnisková vzdálenost bude rovna obrazové vzdálenosti.

Obdobným způsobem lze stanovit rovnici pro výpočet nejvzdálenějšího bodu na pravém a levém snímku

$$b_F = \frac{a' \cdot b_0}{a_F} + b_0 \quad (4.7)$$

Lze tedy konstatovat, že vzdálenost rozdílů zobrazených bodů na snímku Δ je definována jako vzdálenost nejbližšího bodu na snímku b_N a vzdálenosti nejvzdálenějšího bodu b_F . Tento parametr ve své podstatě označuje maximální přípustnou odchylku na záznamu. Tato odchylka se obvykle stanovuje jako 1,2mm na formátu 35mm filmu. Což odpovídá 3,4% z šířky záznamového média.

$$\Delta = b_N - b_F \quad (4.8)$$

Po dosazení do tohoto vztahu a následné úpravě dostaneme tvar

$$\Delta = b_N - b_F \Rightarrow b_0 = \Delta \left(\frac{a_F \cdot a_N}{a_F - a_N} \right) \frac{1}{a'} \quad (4.9)$$

Následně můžeme provést celkové dosazení do vztahu 1/a a b_0

$$b_0 = \Delta \left(\frac{a_F \cdot a_N}{a_F - a_N} \right) \cdot \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{a_0} \right) \quad (4.10)$$

Při použití této rovnice jsme schopni nastavit stereobázi kamer na základě vzdáleností předmětů ve scéně.



Obr. 16: Univerzální lišta pro změnu stereobáze

4.3.2 CrossTalk, Ghosting

Chyba ve stereoskopickém vidění pod názvem CrossTalk (ve 2D znám také jako Ghosting) nám představuje nežádoucí jev pro diváka způsobený nevhodným pohledem na scénu. Tento jev vzniká nejčastěji při špatném nebo nedostatečném oddělení vysílaného levého a pravého snímku. Divák následně je schopen zachytit tzv. duchy, to znamená, že vidí část obrazu určený pro levé oko a naopak. Tento jev vzniká nejčastěji u pasivní stereo projekce díky polarizovaným filtrům, lze ho ale i spatřit u zatmívacích brýlí, kde nedochází ke správnému přepínání jednotlivých pohledů. [15][16]

4.3.3 Vznik Paralaxy a její druhy

Je známo, že by scéna měla být za rovinou displeje, protože se tak předejde možným problémům s tím, že by objekty vystupující před displej byly ořezány jeho rámečkem. Tím by docházelo k narušování, až k úplnému potlačení prostorového vjemu, neboť jsme zvyklí, že vystupující objekt nemůže být blíže než objekt, který ho zakrývá. V závislosti na výsledném pozorovaném obrazu, který divák sleduje je závislá velikost paralaxy. Pro pohodlné sledování by neměla být příliš velká, záleží ale na pozorovací vzdálenosti. Velikost paralaxy by neměla

překročit $1,5^\circ$. Dvojité vidění však nastává již od mnohem menší hodnoty, a to od $20''$. Nesmí se zde opomenout skutečnost, že oči vždy ostří na rovinu displeje, ale konvergují podle paralaxy v obraze. Ve skutečném světě oko vždy konverguje na zaostřený bod. Právě v rozdílném způsobu konvergence se liší stereoskopické zobrazení od obvyklého vnímání světa. [6][11]

Při pozorování stereoskopického obrazu pracují oční svaly jinak než obvykle, což může mít za následek bolesti hlavy či únavy očí. Čím větší je rozdíl mezi akomodací a konvergencí, tím více musí oční svaly pracovat a tím dochází k únavě očí. Tento stav je někdy označován jako rozbití akomodace a konvergence.

Pokud vzdálenost od roviny displeje zůstane konstantní a bude se měnit velikost paralaxy, tak od určité velikosti dojde k nechtěnému namáhání očí, které se bude dále zintenzivňovat. Maximální velikost paralaxy je pro každého člověka jiná. Navíc oči se dají postupně vytrénovat, tudíž nelze přesně stanovit maximální velikost paralaxy. Proto je třeba při vytváření volit spíše menší hodnoty paralaxy, aby výsledný obrázek byl dostupný širšímu okruhu diváků. Zvláštností je, že pokud zvětšíme vzdálenost pozorovatele od roviny displeje, dokáže oko velmi dobře zaostřit i při značně velké paralaxe. Tohoto jevu využívají například kina IMAX.

Druhy paralaxy

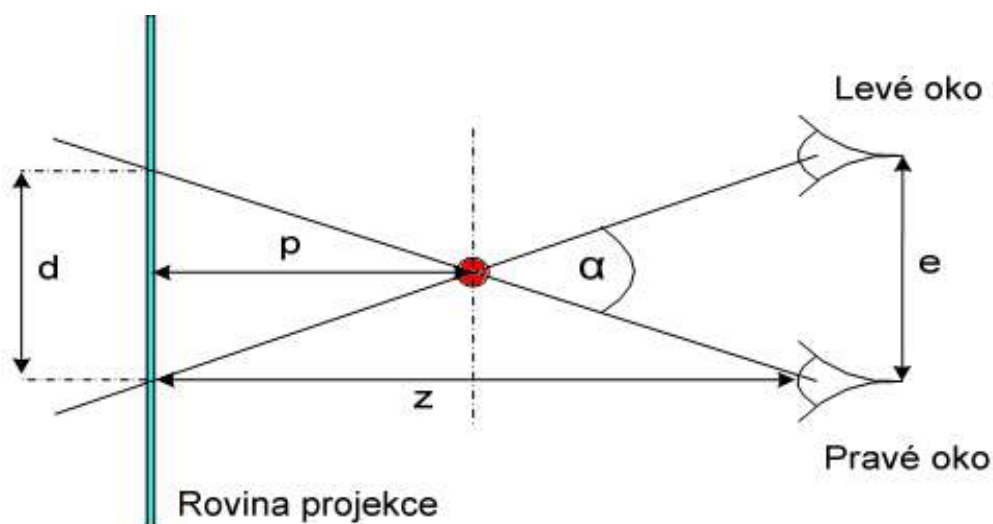
Nulová paralaxa – optické osy očí se protínají na displeji, takže oči konvergují přesně na rovinu displeje a všechny body s nulovou paralaxou se budou pozorovateli jevit na úrovni plátna.

Pozitivní paralaxa – nejvhodnější pro zobrazování prostorových scén. Oči konvergují až za rovinou displeje, takže objekt s pozitivní paralaxou bude zobrazen v rovině za displejem. Paralaxa je zde dána vzdálenostmi jednotlivých bodů na projekční rovině, které vznikly protnutím optických os očí a projekční roviny. Maximální paralaxa vzniká, když je objekt v nekonečnu. Právě v tomto bodě je horizontální paralaxa rovna se vzdáleností rozestupu očí.

Pozitivní divergující paralaxa – tato paralaxa při pozorování reálné scény nevzniká. Při pořizování scény je nutné tento jev maximálně eliminovat, jinak je pro pozorovatele značně nepříjemný. Vyskytuje se, když je velikost pozitivní paralaxy větší než rozestup očí a optické osy se rozcházejí. Na základě těchto faktů vzniká paralaxa při sledování projekční roviny z nevhodné vzdálenosti. Je stanoven maximální úhel divergence tj. do $1,5^\circ$ [6]. Při překročení této hodnoty se divákům zbytečně namáhají oči a mozek nemůže korespondující body spojit do jednoho optického vjemu.

Korektní nastavení vzdálenosti velice úzce souvisí spolu s velikostí displeje. Pokud budeme uvažovat, že výsledný stereoskopický záznam budeme promítat na $17''$ monitoru,

vzdálenost pozorovatele bude přibližně půl metru, tak výsledný obraz bude mít dostatečný hloubkový vjem. Pokud však bychom při stejné vzdálenosti sledovali plátno o úhlopříčce dvou a více metrů, tak nám razantním způsobem vzrostou hodnoty paralaxy. Dochází zde k divergenci očí a jak již bylo popsáno výše platí, že hodnota paralaxy by neměla být větší než $1,5^\circ$. Vzdálenost pozorovatele tedy zvyšuje vjem hloubky.



Obr. 17: Stanovení pozorovací vzdálenosti

Na obrázku je znázorněn divák a pozorovací displej. Divák pozoruje promítanou scénu ze vzdálenosti z , d je velikost vzniklé paralaxy. Pro výpočet vzdálenosti p , ve které se bude předmět jevit před obrazovku [14]

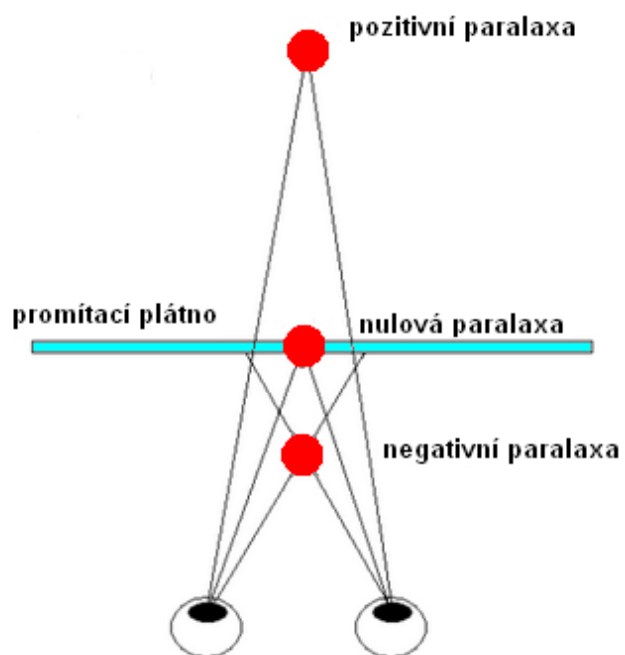
$$p = \frac{z}{\left(\frac{e}{d}\right) + 1} \quad (4.11)$$

Úhel α se tedy bude zmenšovat s rostoucí vzdáleností pozorovatele od scény

$$\alpha = 2 \cdot \arctan \left(\frac{\frac{e}{2}}{z - p} \right) \quad (4.12)$$

Negativní paralaxa – podobná jako pozitivní paralaxa, ale objekt bude zobrazen před rovinou displeje. Využívá se pro vytvoření efektu předmětu letícího mezi diváky. Při krátkodobém zobrazení může mít předmět velkou paralaxu bez toho, aby divák pociťoval

diskomfort spojený se změnou konvergence očí. Negativní paralaxa je citlivá na ořez svislými stranami displeje více než vodorovnými.



Obr. 18: Znázornění jednotlivých druhů paralax

5. AUTOMATICKÁ SNÍMACÍ APARATURA PRO POŘÍZENÍ STEREOSKOPICKÝCH VIDEOSEKVENCÍ

Při návrhu automatické snímací aparatury se kladlo na důraz dosáhnout co nejmenších vibrací během pojezdu, hlučnosti, přesnosti nastavení stereoskopické báze a její celkové využití. Elektronická část posuvníku s jezdcem využívá krokový motor, který je řízen automaticky na základě zadaných parametrů ve vytvořeném programu stereoakvizice. Pro propojení mezi počítačem a krokovým motorem je využit paralelní port. Výhoda portu je v tom, že není potřeba žádná instalace ovladače, jednoduchost ovládání a praktičnost pro toto využití. Rychlost paralelního portu je pro ovládání krokového motoru zcela dostačující. Nevýhodou je možnost zničení paralelního portu vlivem zkratu či elektrického výboje. Mezi nevýhody se může řadit i v dnešní době jeho zastaralost, avšak pro experimentální účely, která tato práce přináší, je port dostačující.

Pokud by došlo k případu, že LPT port k dispozici není, tak je možné využít redukci. Na trhu se objevují zejména redukce v kabelovém provedení, tyto však nepodporují plnohodnotný paralelní přenos dle normy IEEE1284. Proto se doporučuje využít redukce v provedení vestavné karty a to pro PCMCIA či ExpressCard sloty (podpora Full IEEE1284).

5.1 POPIS KOMUNIKAČNÍHO ROZHRAŇÍ PARALELNÍHO PORTU A JEHO VLASTNOSTI

Původně byl paralelní port LPT (Line Printer Terminal) vytvořen pro komunikaci s tiskárnou, tedy jednosměrný přenos dat od počítače do tiskárny. Později však byl dalšími módy uzpůsoben i pro obousměrný přenos, a to rychlostí až jednotek MB/s. Od roku 1994 je standardizován pod IEEE 1284.

Paralelní port je 25-pinový konektor typu D. Je standardní součástí běžných počítačů pro paralelní komunikaci (paralelní přenos bitů signálu) s periferiemi pomocí 17 digitálních linek, které lze rozdělit na 8 datových signálů a 9 signálů pro řízení komunikace (handshaking). Zbývajících 8 pinů je využito pro správné uzemnění. Počítač s periferiemi lze spolehlivě propojit na vzdálenost 3m. V praxi lze komunikovat i na vzdálenosti kolem 10m, ale musíme dbát na správné stínění datových vodičů komunikačního kabelu. [17]

SPP registrové rozhraní

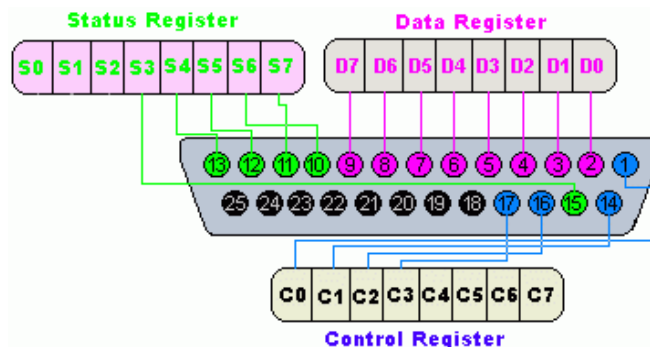
Základní SPP mód paralelního portu je řízen 3 základními registry:

Datový registr (Data Register) - určený pro zápis vysílaných dat

Stavový registr (Status Register) - určený pro čtení stavů na lince

Řídící registr (Control Register) - určený pro řízení periferie, které jsou data vysílána

Přiřazení jednotlivých registrů na piny portu je zobrazen na následujícím obrázku.



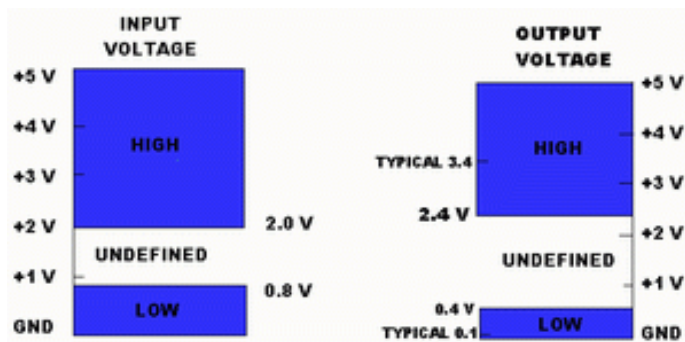
Obr. 19: Popis pinů konektoru paralelního portu [17]

Jednotlivé piny se ovládají přes tři osmibitové registry. Registr na adrese 378h (hexadecimální formát) se nazývá data register a naslouchají mu piny 2-9. Do tohoto registru se zapisuje číselná hodnota celého bajtu, která určuje na které piny je signál vysílán. Adresa tohoto registru se nejčastěji označuje jako báze nebo také BASEPORT. Pokud se na počítači vyskytují dva paralelní porty, tak druhému připadá adresa 278h – 27Fh. Další registr dostupný na portě s adresou báze +1 (379h) se označuje status register a připadají mu piny 10-13 a 15. Z těchto pinů je však možné jen číst. Poslední registr nese označení control register. Je dostupný na adrese báze +2 (37Ah) a připadají mu piny 1,14,16 a 17. Na tyto piny je možné signál vysílat, ale také z nich číst. Nevýhodou je, že jsou hardwarově negované. [17]

Tab. 2: Detaily pinů u konektoru DB-25

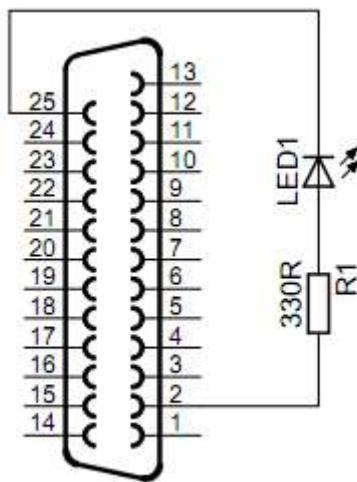
PIN	REGISTR	SIGNÁL BIT	VSTUP/VÝSTUP	LEVEL	HARDVEROVĚ INVERTOVANÝ
1	Control	C 0	Výstup	Low	ano
2	Data	D 0	Výstup	High	
3	Data	D 1	Výstup	High	
4	Data	D 2	Výstup	High	
5	Data	D 3	Výstup	High	
6	Data	D 4	Výstup	High	
7	Data	D 5	Výstup	High	
8	Data	D 6	Výstup	High	
9	Data	D 7	Výstup	High	
10	Status	S 6	Vstup	High	
11	Status	S 7	Vstup	Low	ano
12	Status	S 5	Vstup	High	
13	Status	S 4	Vstup	High	
14	Control	C 1	Výstup	Low	ano
15	Status	S 3	Vstup	High	
16	Control	C 2	Výstup	High	
17	Control	C 3	Výstup	Low	ano
18-25	Ground		Gnd		

Výstupní signály paralelního portu jsou definované klasickou TTL logickou úrovní signálu, to znamená, že logická 1 odpovídá hladině +3,5V až 5V a logická 0 hladině 0V až +0,4V. Vše je možné názorně vidět na následujícím obrázku, kde jsou definované napěťové úrovně pro TTL. [17]



Obr. 20: Definice napěť. úrovní pro TTL (vstupní napětí- input voltage, výstupní napětí - output voltage) [17]

Příkladem správného vysílání logických proměnných může být připojení diody přes odpor na piny 2 a 25 (zemnící).



Obr. 21: Schematické zapojení LED diody na LPT port

Pokud tedy použijeme zapojení LED diody na odzkoušení funkčnosti je nutné odesílat binární číslo 1 v desítkové soustavě (00000001) na port s adresou 378h. Po odeslání bychom měli zaznamenat rozsvícení LED diody.

5.2 OCHRANA PARALELNÍHO PORTU

Při práci s paralelním portem je dobré si uvědomit, že není nijak chráněn proti zkratu. Je dosti citlivý na napěťové úrovně a špičky. Lze ho tedy nešikovným připojováním velice lehce zničit. Proto je nutné port oddělit, a to lze provést různými způsoby. Například se nabízí možnost použití ochranných odporů, které jsou určeny pro zabránění zkratu. Další variantou je použití optického oddělení. Rozumný a často velice doporučovaný postup je použití běžných logických obvodů TTL. Důležitou vlastností je kompatibilita s portem, pokud je v pořádku, tak získáme v podstatě identický port s více zatížitelnými výstupy a i odolnější výstupy. Když tedy při nevhodné manipulaci dojde k nečekanému zkratu, tak pouze vyměníme integrovaný obvod, který je umístěn v patici.

Základní popis TTL logiky pracuje na principu dvou tranzistorů na výstupu. Tyto tranzistory jsou mezi napájecím napětím a zemí. Jejich střed je vyveden jako výstup. Ovládání tranzistorů je prováděno za pomoci předchozích stupňů, a to proto, aby nebyly zapnuty oba najednou. Tímto je dáno výstupní napětí i logická úroveň. V okamžiku přepnutí je jeden částečně zapnut v době, kdy druhý není ještě zcela vypnut, proto se tyto obvody při vytížení více zahřívají. Avšak tento problém lze upravit použitím diody. Protože všechny výstupy nejsou zcela identické, tak je velmi nevhodné je zapojovat paralelně. V tomto případě dojde k tomu, že se doba, kdy ještě nejsou uzavřeny všechny tranzistory, které se mají uzavřít a již jsou otevřeny některé, které mají být otevřeny, výrazně prodlouží a výkonová ztráta obvodu roste. [18]

Vstupy jsou však zcela neobvyklé. Jedná se o emitory tranzistoru a rozpoznávání úrovně je proudové a nikoliv napěťové. Pokud ze vstupu teče dostatečný proud ven (do výstupu předchozího obvodu), pak je to 0, v opačném případě 1. Například v hradle NAND je na vstupu jeden dvouemitorový tranzistor. Tuto konstrukci vstupu je nutné mít na paměti. Je téměř bez významu, co se přivede jako logická 1, ale logická 0 musí mít poměrně dobrý zkrat na zem. Maximální úbytek proti zemi je 0,8 V a odpor proti zemi se většinou nedoporučuje větší než cca 200Ω.

TTL logiky je několik řad. Mezi nejdůležitější patří IO 7400, což je původní provedení. 74S00, 74LS00 a 74ALS00 mají navíc Schottkyho diody. Jsou tedy o něco rychlejší. 74F00 jsou nejrychlejší (přes 100MHz). 74HC00, 74HCT00 a další s písmenem C jsou realizované CMOS technologií, ale jejich vstupy a výstupy jsou kompatibilní s TTL. Také jsou rychlejší než původní 7400. Pro použití ochrany LPT portu bychom tedy měli použít nejlépe ne-CMOS variantu. Ta by měla být odolnější, příliš vysoká rychlost není potřeba. [18]

Číslo 74 znamená řadu, je-li tam 84 nebo 54, je to stále týž obvod a lze ho použít. Poslední dvojčíslí (trojčíslí) znamená typ obvodu. 00 je 4× 2-vstupový NAND, 02 je 4× 2-

vstupový NOR, 08 je 4×2 -vstupový AND, 32 je 4×2 -vstupový OR, 04 je $6 \times$ invertor, 06 je $6 \times$ invertor s otevřeným kolektorem, 07 je $6 \times$ budič s otevřeným kolektorem. Jsou zde i 3-vstupové, 4-vstupové a 8-vstupové logické obvody, klopné obvody a mnoho dalších. [18]

5.3 ŘÍZENÍ KROKOVÝCH MOTORŮ

Řízení krokových motorů dělíme na unipolární a bipolární. Bipolárním řízením se dosahuje vyšších momentů i možných otáček, avšak toto řízení vyžaduje složitější zapojení řídicího obvodu, obvykle s využitím H-můstku. Z hlediska počtu kroků rozlišujeme u 2 fázových motorů buzení 4-taktní nebo 8-taktní. Toto buzení zdvojnásobuje počet rozlišitelných kroků na jednu otáčku motoru.

Nevýhodou krokových motorů oproti DC nebo AC servomotorům je nižší krouticí moment při stejné hmotnosti a nižší maximální otáčky. Pro řízení krokových motorů je možnost využít specializované obvody tzv. drivery.

Tyto drivery slouží k přímému řízení jednotlivých fází. Na základě vstupního signálu (obvykle typu STEP/DIR) jsou spínány jednotlivé vinutí krokového motoru pro provedení požadovaného počtu kroku v daném směru. Napětí výstupních linek je obvykle v rozmezí 12-36 V s proudovou zatížitelností v jednotkách ampér. Jako budící obvody pro vinutí motorů lze použít zdroj konstantního napětí. Toto řešení je nejjednodušší, avšak vlivem časové konstanty vinutí je při tomto buzení značně omezena maximální frekvence kroků. Tento nedostatek částečně odstraňuje použití proudového zdroje, který zrychlí přechodový děj zapnutí/vypnutí fáze a tím dovoluje vyšší krokovací frekvenci. Zdaleka nejlepším řešením je však tzv. Chopper, což je pulzní proudový zdroj s jehož použitím můžeme dosáhnout několikanásobně vyšších otáček než při použití obyčejného napěťového zdroje. Chopper je nejčastěji využíván moderními drivery krokových motorů. Většina driverů podporuje tzv. mikrokrokování, což umožňuje rozdělení jednoho kroku motoru na několik (až 64) mikrokroků. Tím je dosažena plynulost řízených posuvů i při nízkých rychlostech a přesné polohování jezdce. Dále jsou obvykle vybaveny bezpečnostními prvky, které chrání vinutí motoru i samotný obvod driveru před přehřátím. Cena běžně dostupných driverů se pohybuje v rozmezí 1000 až 3000 Kč.



Obr. 22: Krokový motor PM35S-048

5.4 SNÍMACÍ APARATURA

5.4.1 Použité kamery pro získání prostorového vjemu

Pro natáčení videa byly použity kamery od firmy Sony HDR-CX115. Kamera nabízí záznam v rozlišení Full HD na paměťovou kartu. Na 8GB kartu, která je součástí balení je možné natočit přibližně 120 minut záznamu v rozlišení HD. Snímač CMOS 1/4 typu Exmor R je schopen zachytit videozáznam se sníženým obrazovým šumem. Těchto vlastností je možné využít například při zhoršených světelných podmínkách. Kamera je vybavena objektivem Carl Zeiss s 25x optickým zoomem. Dále je k dispozici funkce fotoaparátu v rozlišení 3,1 megapixelu, automatické ostření, stereo audio záznam a optimalizátor dynamického rozsahu, který upravuje expozici při scénách s velkým kontrastem pro rovnoměrnou expozici snímků v protisvětle. Pro zachycení scény je k dispozici 2,7“ širokoúhlý dotykový displej s rozlišením 230 000 bodů. Nevýhodou této kamery je nemožnost použití dálkového IR ovladače a nepřítomnost funkce webkamery. Konektory, které kamera nabízí, jsou HDMI výstup, USB, S-video, A/V výstup a komponentní výstup. [23]

Souhrn základních parametrů:

Celkové rozlišení - 4,2Mpix

Reálné rozlišení – AVCHD (1920 x 1080, 1440 x 1080)

Velikost snímače - 1/4 palce (2,4mm x 3,2mm)

Poměr stran záznamu – 16:9, 4:3

Záznamové médium – SD karta, MS karta, MS DUO karta, MS PRO karta, SDHC

Optický zoom - 25x

Světelnost objektivu - 1,8F - 3,1F

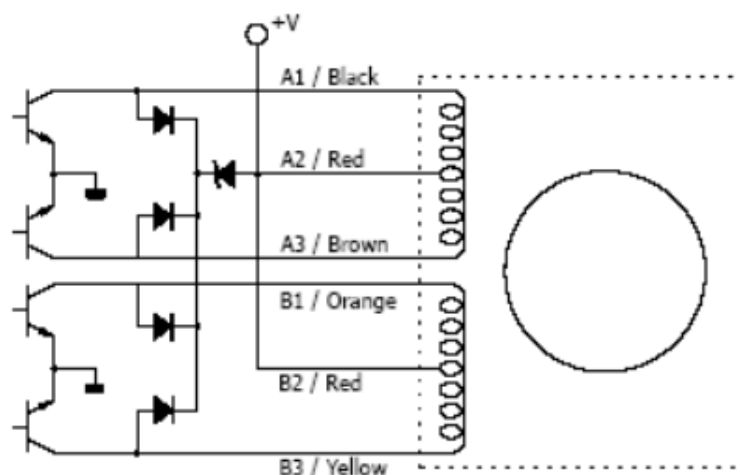
Ohnisková vzdálenost - 39mm – 975mm

Velikost kamery – 50 x 56 x 106mm

Váha – 210g

5.4.2 Elektronika snímací aparatury

Pohon je realizován krokovým motorem s permanentním magnetem, jehož hřídel je pomocí soustavy ozubených kol spojena spolu s pohonem osy ve směru řízení s kamerovým jezdcem. Konkrétně jde o motor PM35S-048 výrobce Minebea Corporation. Vývod tvoří pět barevných vodičů pro připojení k obvodu. Z nichž čtyři jsou propojeny s cívkami a pátý tvoří střed se závitem nebo-li společnou svorku, na kterou se bude přivádět napětí. Rozlišení motoru je pouze 48 kroků na otáčku, avšak díky výraznému převodu je přesnost polohování jezdce dostatečná. Jednou z největších výhod použití krokového motoru pro polohování jezdce je možnost řízení v otevřené smyčce. To znamená, že není potřeba žádného snímače polohy ani žádný regulátor pro snímání. Předpokladem pro takové řízení je minimalizace rizika ztráty kroku, motor tedy nesmí být přetížen a musí být korektně řízen.



Obr. 23: Schématické zapojení unipolárního krokového motoru PM35S-048

Pro napájení postačí +12V stejnosměrných. Je tedy možné využít napájení krokového motoru přímo ze zdroje počítače, kde žlutý vodič představuje +12V a pro uzemnění je využit černý vodič. Patice SV1 slouží pro jeho připojení. Za zdrojem je připojen spínač S1 s aretací sloužící pro zapnutí/vypnutí aparatury. Signalizaci zapnutí značí zelená LED5.

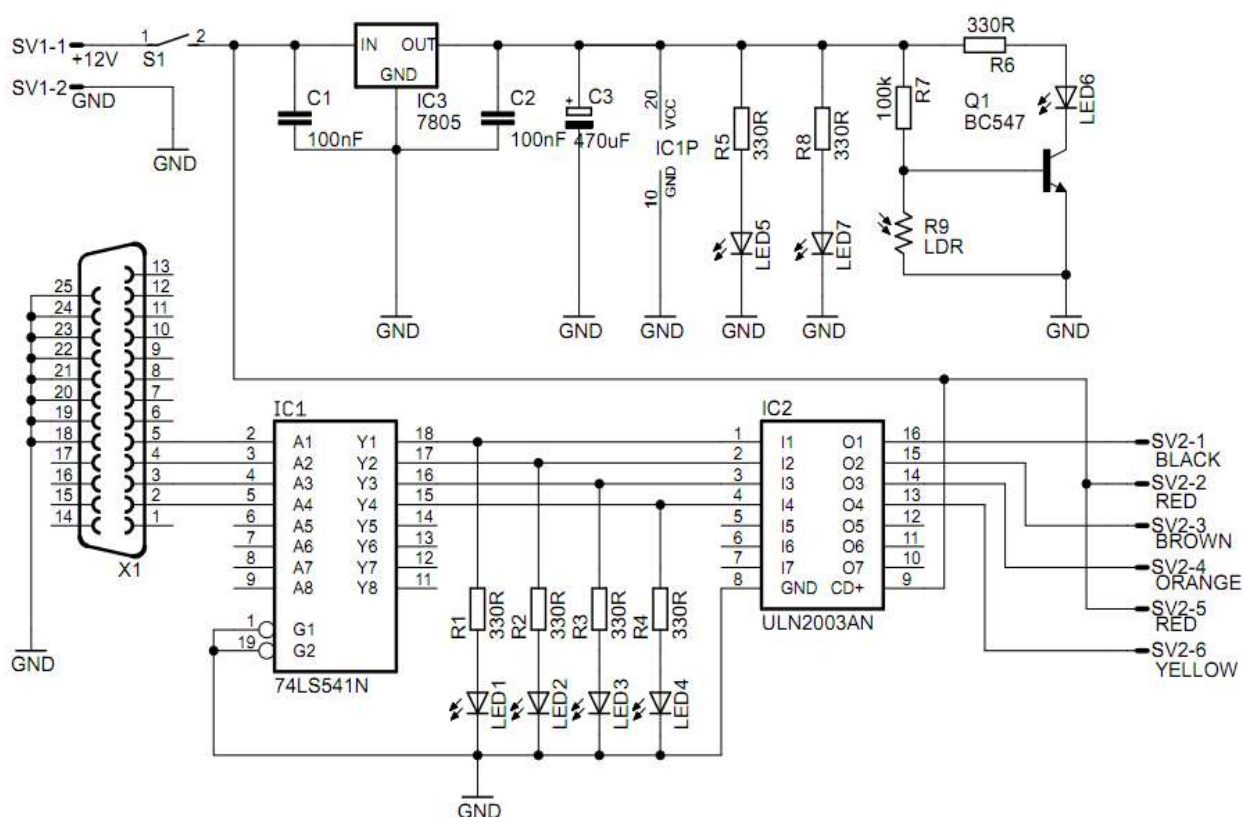
Jak již bylo popsáno výše, tak pro ochranu paralelního portu je využit obvod 74LS541 [27], což je 8x neinvertující výkonový budič. Napájení je přivedeno na pin 20. Vzhledem k nutnosti napájet tento obvod +5V byl použit IO 7805 (IC3) pro stabilizaci napětí z +12V na +5V. Další piny IC1 1, 10 a 19 jsou spojeny se zemí. U tohoto IO byly požitky pouze 4 vstupy (pin 2, 3, 4 a 5 z LPT portu) a 4 výstupy, za kterými jsou zapojeny čtyři červené LED diody (LED1-LED4), které signalizují vysílání signálu pro krokový motor. Výstupy dále pokračují na vstupy IC2, který je tvořen pomocí integrovaného obvodu ULN 2003 APG [26] a využívá přímé řízení fází.

ULN2003 APG [26] obsahuje 7 Darlingtonových tranzistorů sloužící pro zesílení procházejícího proudu od pinů paralelního portu při vysílání logické 1. Na výstupu IC2 jsou zapojeny piny 13, 14, 15, 16 a ty jdou dále do patice SV2. Ta je propojena s jednotlivými fázemi krokového motoru.

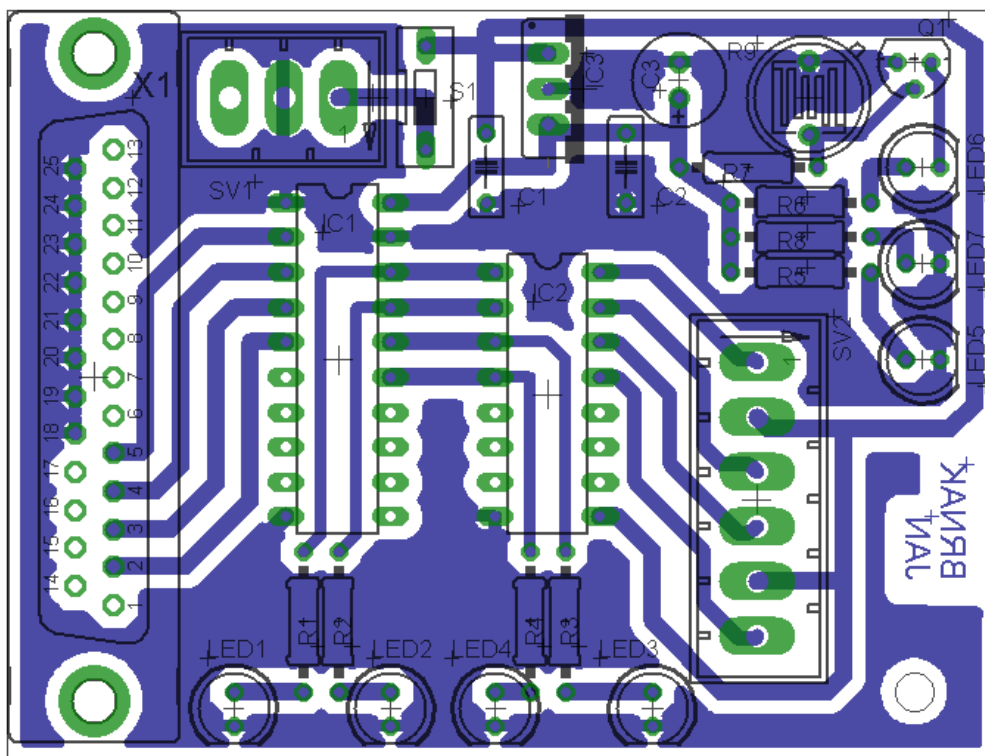
Abychom dosáhli adekvátního uzemnění, je třeba, aby piny 18 až 25 paralelního portu byly spojeny se zemí. Zbytek zůstal nezapojen.

Kalibrace pojezdu byla navržena jako klasický stmívač. K rozsvícení LED diody tedy dojde při nastavení minimální vzdálenost mezi kamerami (stanoveno na 60mm). Z výčtu funkcí je tedy nejlépe využitelná kalibrace pomocí klasického fotorezistoru a NPN tranzistoru BC547. Jeho zapojení je vidět v pravé horní části schématu. Je tvořeno rezistorem R6, který je propojen s LED diodou, která nám signalizuje zakrytí fotorezistoru (minimální dopadání

Velice důležité je samotný pojezd spustit až po zapnutí programu stereoakvizice. Pokud tomu tak není, tak motor má sepnuty všechny fáze a odebírá proud přibližně 2A. Což není vhodné pro použité integrované obvody, které mají pracovní charakteristiku okolo 500-800mA. Tento stav vzniká díky tomu, že na paralelním portu v data registeru je aktivovaná úroveň log.1. Celkově je motor řízen v 8-taktním unipolárním režimu s polovičním krokem, čímž je dosaženo vyšší přesnosti polohování.



40



Obr. 25: Osazovací plošný spoj pro schématické zapojení

Vzhledem k odmítnutí vyleptání DPS studentům z ústavu ÚBMI na fakultě UREL bylo nutné zejména z ekonomických důvodů vytvořit DPS v domácích podmínkách. Pro výrobu byl použit venkovní halogenový reflektor s příkonem 150W, dále deska fotosenzitivního jednostranného plošného spoje o velikosti 75 x 55mm, 1,5% hydroxid sodný tzv. vývojka a 5% chlorid železitý. Podklady pro tvorbu DPS jsou doloženy v příloze.

5.4.3 Konstrukce snímací aparatury

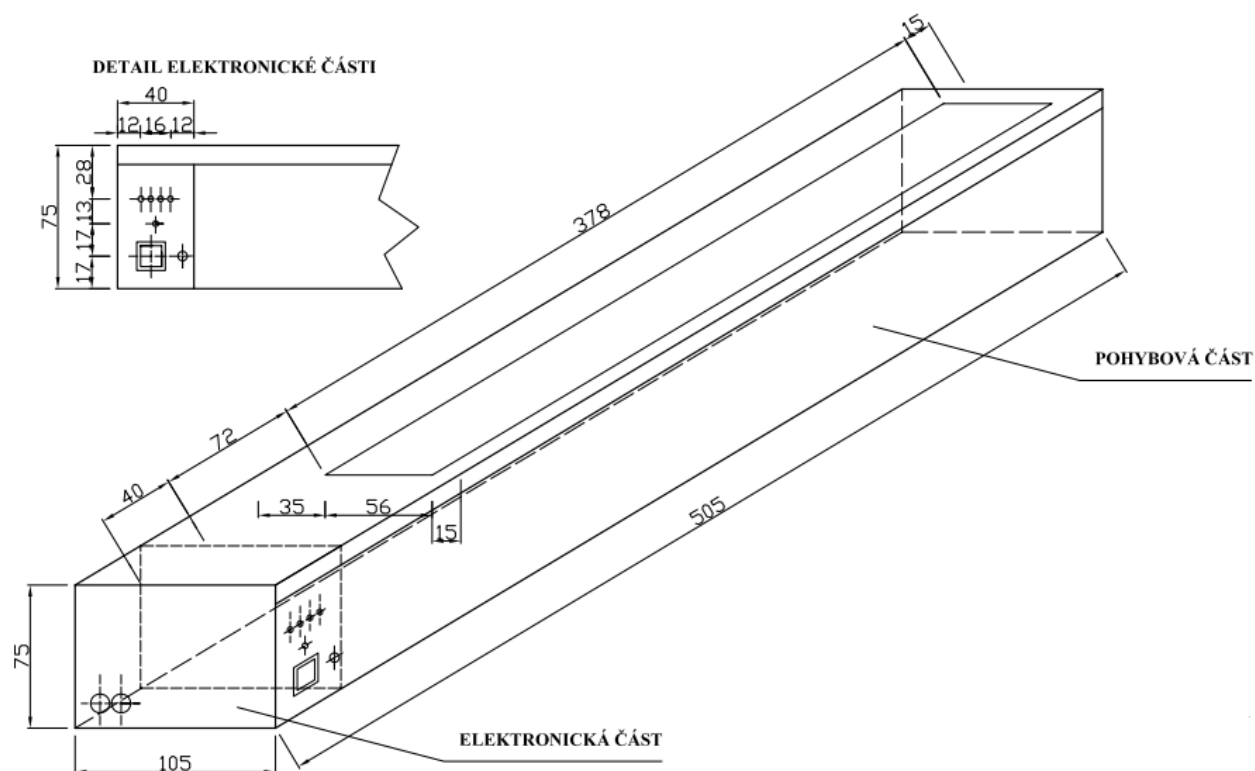
Pro konstrukci snímací aparatury byly zadány následující cíle: co nejmenší vibrace při posunu, hlučnost pohybu, přesnost nastavení kroku a robustnost.

Jako materiál pro výrobu aparatury je použit průhledný profil z Lexanu o tloušťce 2mm. Výhodou Lexanu je vysoká pevnost, nelámavost a velká houževnatost. Dále také rychlá a snadná montáž, popřípadě pružnost, která nám dovoluje pracovat s materiálem i za studena.

Vnitřek aparatury je tvořen ze dvou částí elektronické a mechanické. Pro elektroniku bylo vyhrazeno místo na konci posuvníku o velikost 40 x 110mm. Odtud jsou vyvedeny LED diody pro veškerou vizuální kontrolu a spínač s aretací pro zapnutí aparatury. Z boční strany je pak vyveden kabel paralelního portu a napájecí kabel.

Mechanická posuvací část byla použita z vyřazeného scanneru Umax, Funscan 1220P. Po demontování všech komponent zbyly následující části: jezdec, rozpěrná tyč pro jezdec, převodová část s ozubenými koly a hnací řemen. Plastový obal scanneru byl ořezán ze své původní velikosti na velikost 465 x 65mm. Takto zpracovaná konstrukce byla poté

vsazena do vytvořeného pouzdra o velikosti 505 x 110mm. Abychom byli schopni dostat jezdce do aparatury, bylo nutné jeho velikost z původních 150mm zkrátit na stávajících 65mm. Převod krokového motoru zůstal nezměněn spolu s rozpěrnou tyčí pro jezdce. Víko celé popisované konstrukce je o velikosti 500 x 120mm s vyřezaným otvorem 375 x 60mm, který slouží pro posuv jezdce. Celkový konstrukční návrh včetně fotodokumentace je k dispozici v příloze.



Obr. 26: Konstrukční návrh a provedení snímací aparatury

5.4.4 Připojení, nastavení a ovládání snímací aparatury

Základní kroky sloužící pro připojení, nastavení a ovládání navržené snímací aparatury lze zahrnout do několika následujících bodů.

Prvním krokem je připevnění snímací aparatury ke stativu. Ve spodní části jsou k tomuto účelu vyvrtány dva otvory. První (menší) z nich slouží jako aretační otvor, druhý (větší) otvor je pro připevnění rychloupínací destičky. Tato destička musí být vybavena šroubem o průměru 5mm. Celý komplet se poté zacvakne do vhodného stativu.



Obr. 27: Rychloupínací destička pro připevnění aparatury

Druhý krok spočívá v přichycení kamerových snímačů ke snímací aparatuře. Z horní strany přípravku k tomu slouží dva otvory. Lze využít například šrouby s Whitworthovým závitem $W \frac{1}{4}$ ". Před finálním dotažením kamer je nutné dbát na směr jejich snímacích os. Jak bylo popsáno v kapitole 4.2 využíváme metodu OFF-AXIS, kde jsou osy spolu rovnoběžné.

V kroku číslo tři připojíme snímací aparaturu k počítači. Doporučuje se zejména u paralelního portu jeho připojení před samotným zapnutím celého počítače. Minimalizujeme tak zkrat či výboj statické elektřiny. Napájení je řešeno přes připojení patice SVS5 k výstupu ve zdroji v PC. Tvar konektoru zabraňuje nesprávnému zapojení.



Obr. 28: Připojení patice pro napájení +12V

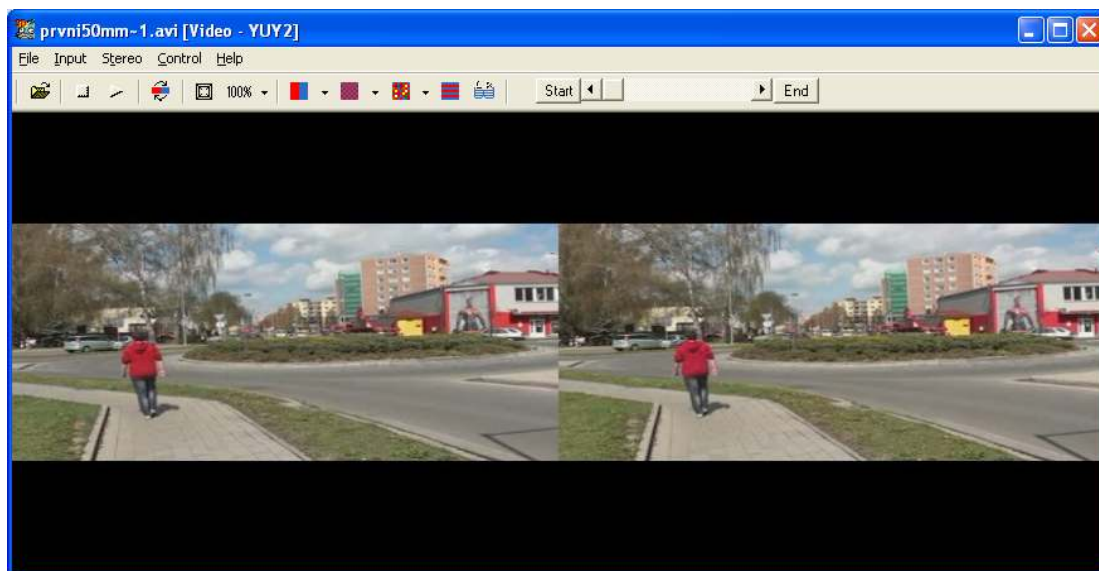
Pokud budeme chtít využít snímací aparaturu v prostředí, kde není možné její připojení k počítači, tak lze použít nastavování manuální. To spočívá v demontáži horního

víka a vytažení hnacího řemenu z ozubených kol. Poté je možné volit manuálně vzdálenost stereobáze, která je vhodná pro snímanou scénu.

Čtvrtý krok pojednává o zajištění vodorovnosti snímací aparatury. Je možné využít jeden ze dvou zde uvedených způsobů. Prvním způsobem je přímé měření za pomoci vodováhy, která je umístěna jak na stativu, tak na snímací aparatuře. Druhý, lepší postup, je založen na nalezení hran vodorovných objektů v hledáčku kamer. Za pomoci nastavení mřížky na LCD hledáčku je tato metoda dostatečně přesná.

Posledním bodem je spuštění počítače, ke kterému je zařízení připojeno. Po spuštění operačního systému spustíme program stereoakvizice a až poté zapneme aparaturu pro snímání. Dodržení tohoto postupu zapnutí byl popsán v kapitole 5.4.2, proto zde již nebude dále popisován. Veškeré ovládání snímací aparatury je již prováděno jen za pomoci spuštěného programu stereoakvizice.

Pokud budeme využívat realtime přenos videa do PC například z připojených webkamer a zároveň nastavovat stereoskopickou vzdálenost, tak využijeme jak vytvořený program stereoakvizice, tak program Stereo Movie Player (zdůvodnění použití programu pro realtime přenos je popsáno v kapitole 6). V tomto programu nastavíme použité webkamery a v reálném čase můžeme sledovat získaný hloubkový vjem. Ovládání programu je velice jednoduché a není potřeba jeho popisování, případně je v programu již implementována nápověda. [19]

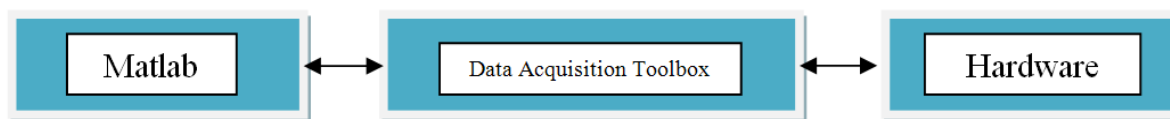


Obr. 29: Program Stereo Movie Player

6. VYUŽITÍ MATLABU PRO ŘÍZENÍ SNÍMACÍ APARATURY

Pro správnou komunikaci mezi Matlabem a paralelním portem byl použit Data Acquisition Toolbox. Základem Data Acquisition Toolbox je sada souborů M-file a funkcí MEX-file. Tento nástroj on-line propojuje MATLAB například s měřicími kartami či ovládacími prvky a vytváří tak integrované prostředí pro měření a analýzu dat. Jsou podporována zařízení celé řady světových výrobců a využívány veškeré funkce podporovaných měřicích karet.

Kombinace MATLABu a Data Acquisition Toolboxu zajišťuje kontrolu nad celým procesem analýzy dat v rámci jednotného prostředí MATLAB. Odpadá tak nutnost učit se ovládat další specializované programy pro analýzu a pracovat s více programy najednou. Jednotnost prostředí odstraňuje nejen nepřehlednost řešení, ale také problémy s komunikací mezi programy různých výrobců. [21]



Obr. 30: Zpracování dat pomocí Data Acquisition Toolbox

Základní rysy nástroje Data Acquisition Toolbox jsou:

- přístup k datům přímo z prostředí MATLAB,
- analogové i digitální vstupy a výstupy,
- podpora hardwaru pro jedno i vícekanálový sběr dat a pro různé rychlosti sběru dat,
- možnost využít hardwarovou i softwarovou spoušť (trigger),
- plná integrace s programem MATLAB i jeho toolboxy.

Pro zjištění aktuální verze toolboxu, která je k dispozici použijeme napsání následujícího příkazu do příkazové řádky Matlabu:

`>> help daq`

nebo

`>> daqhwinfo`

Pro ovládání krokového motoru byly využity verze 2.2 a 2.7.

Využívány jsou zejména příkazy pro digitální I/O, kde příkaz:

```
>> digitalio           // vytvoří objekt digitálního I/O

>> addline             // přidá řádek do objektu digitálního I/O

>> getvalue            // přečte řádek dat

>> putvalue            // zapíše řádek dat
```

Ukázka kódu pro ovládání krokového motoru:

```
parport=digitalio('parallel','LPT1'); // vytvořen digit. I/O pro paralelní port na adrese 378h
addline(parport,0:3,'out');           // počet výstupních řadicích objektů
steps=[1 0 0 0; 0 1 0 0; 0 0 1 0; 0 0 0 1]; // vysílání jednotlivých kroků
for j=k:0.0405:pokus                  // for cyklus s krokem 0,0405=1mm posun
    pval=steps(i,:);                  // propojení kroku s for cyklem
    i=i+1;                            // přičtení +1
    putvalue(parport,pval);           // odeslání aktuální hodnoty → LPT1
    if i>4                            // když i je větší jak 4
        i=1;                          // pak i se rovná 1
    end                               // konec if smyčky
    tic;                              // použití tzv stopwatch timeru
    while(toc<rychlost);              // smyčka while pro řízení rychlosti posuvu
        pause(rychlost);              // dodržení rychlosti a pauza
    end                               // ukončení smyčky while
end                                   // ukončení for cyklu
```

Další ukázkou použitého kódu je převod Matlabu do spustitelného EXE souboru. Samostatný Matlab má zpravidla již v sobě zabudován kompilátor pro konverzi pomocí MCC příkazu.

```
>> MCC-m filename.m
```

Po zadání cílového souboru pro konverzi se nám po krátkém časovém úseku kód převede do C++ formátu a je již spustitelný v samostatném okně.

V prostředí Matlab, byl také testován realtime přenos videa za použití dvou stejných páru HD webkamer. Za pomoci níže uvedeného příkazu byl načten vstup z webkamery.

```
vid = videoinput('winvideo');
```

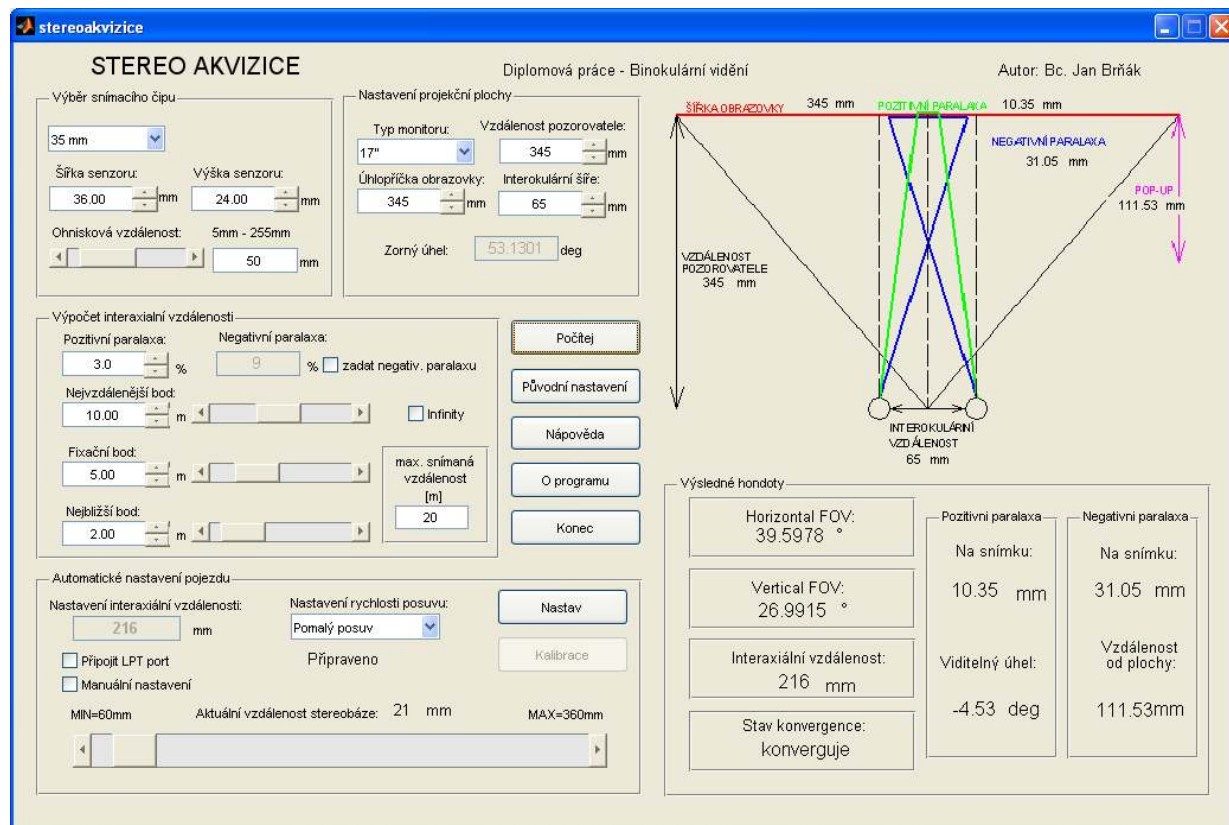

Avšak po připojení dvou kamer a jejich zobrazení došlo k velkému vytížení počítače a získaný obraz byl velice trhaný. Důvodem je velká vytižitelnost procesoru Matlabem a pokud se následně připojí pár HD kamer, tak získaný obraz je prakticky nevyužitelný. K ideálnímu řešení se jeví využití programu Stereo Movie Player, který běží v samostatném okně. Stereo Movie Player, Version 0.41 od autorů Masujo Suto a David Sykes je program vhodný jak pro prohlížení výsledného videa, tak pro načtení vstupů dvou připojených webkamer. [24]

6.1 NAVRŽENÝ PROGRAM V PROSTŘEDÍ MATLAB

Pro tuto práci byl navržen a sestaven program v Matlabu R2008a (verze 7.6.0.324) pro výpočet korektní stereoskopické báze. Bere v potaz velikost paralaxy na rovině projekce, rozmístění předmětů ve snímané scéně a výslednou promítací plochu. Vzorce, které byly použity pro výpočty, jsou uvedeny v kapitole 4.

Druhá část programu je zaměřená na nastavení stereoskopické báze. Pro jednoduché používání je program graficky – objektově upraven. K této úpravě bylo použito rozhraní GUIDE (graphical user interface).

Po stránce vizuální je program podobný komerčnímu programu od firmy Inition s názvem Stereo Brain Calculator v13. Na stránkách výrobce [25] je možné stáhnout 15 denní zkušební verzi. Pro analýzu jednotlivých funkcí v Matlabu byla použita literatura [20][21].



Obr. 31: Celkový pohled na navržený program stereoakvizice

6.1.1 Výpočet stereobáze

Využitím této části programu si lze ověřit, zda námi navržená scéna bude mít korektní prostorový vjem. Někdy je však obtížné udržet dostatečně malé hodnoty (pozitivní) paralaxy, proto je možné nechat některým objektům i negativní paralaxu. Tím dojde k rozložení její hodnoty kolem nuly a menšímu namáhání očí (např. pro velké pozorovací úhly). Spíše je ale doporučeno hlídat maximální paralaxu, a to díky snížením rozestupu kamer a použitím objektivů s menší ohniskovou vzdáleností. Tím dojde i k zdůraznění perspektivy a stereoskopický vjem bude intenzivnější. Čím menší budou hodnoty paralaxy, tím menší bude i vliv ghostingu (viz. kapitola 4.3.2). Také nedojde tak snadno k rozbití vztahu konvergence – akomodace. Tato část aplikace je dělena do několika částí:

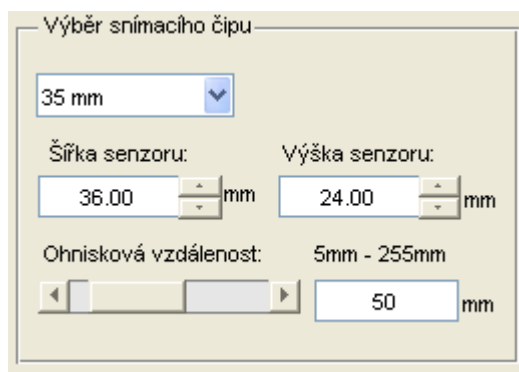
- Nastavení snímacího čipu
- Nastavení projekční plochy
- Výpočet interaxiální vzdálenosti
- Náhled na navrhnutou scénu
- Výsledné hodnoty

Popis jednotlivých částí programu

Nastavení snímacího čipu:

V tomto bloku programu nastavujeme vlastnosti použité kamery. Mezi tyto parametry patří šířka a výška senzoru. Z přednastaveného menu si lze vybrat mezi jednotlivými velikostmi použitého čipu CCD. Další parametr, který lze nastavit je ohnisková vzdálenost. Výchozí nastavení je 60mm. Hodnoty lze zadat do programu i ručně, dle námi stanovených kritérií.

Ze zadaných parametrů lze vypočítat horizontal a vertical FOV. S tímto výpočtem je spojeno mnoho vlastností, které určují správnost nastavení stereobáze.



Obr. 32: Nastavení snímacího čipu

Nastavení projekční plochy:

Výsledná velikost paralaxy je závislá na velikosti plochy, na kterém budeme záznam promítat. V přednastaveném menu je opět možnost vybrat několik předdefinovaných variant. Mezi volitelné parametry uživatele patří úhlopříčka obrazovky, na které bude výsledný záznam promítán. Uživatel si může také volit mezi jednotlivými, předem stanovenými velikostmi obrazovky. Další parametr pro nastavení je vzdálenost pozorovatele od plochy. To ovlivňuje rozmezí, ve kterém bude vystupovat virtuální objekt ze scény a také úhel divergence, který jak již bylo popsáno výše by neměl překročit $1,5^\circ$. Poslední parametr je nastavení rozestupu očí neboli interokulární šíře. Tento parametr je obvykle stanoven na 65 mm pro dospělého člověka.

Nastavení projekční plochy

Typ monitoru:	Vzdálenost pozorovatele:
17"	345 mm
Úhlopříčka obrazovky:	Interokulární šíře:
345 mm	65 mm
Zorný úhel:	53.1301 deg

Obr. 33: Nastavení projekční plochy

Nastavení interaxiální vzdálenosti:

První hodnota, kterou lze zadat, je pozitivní paralaxa. Tato hodnota je uváděna v procentech výsledné projekční plochy. Případně je možné zadat i hodnotu negativní paralaxy, a to zaškrtnutím políčka zadat negativní paralaxu. Dále zadáváme hodnoty nejvzdálenějšího bodu, což je objekt nejvíce vzdálený ve scéně. Pod nastavením nejvzdálenějšího bodu je fixační bod, tj. bod, na který budeme kameru směřovat, nejvíce ostřit a zobrazovat na výsledném snímku. Poslední hodnota je zadání nejbližšího bodu ve scéně.

Zadáním maximální snímané vzdálenosti regulujeme možnosti nastavení jednotlivých vzdáleností. Výsledná interaxiální vzdálenost dále pracuje s nastavením jednotlivých vzdáleností objektu ve snímané scéně. Jak již bylo řečeno, je zde zahrnuta i hodnota horizontálního FOV a hodnota pozitivní paralaxy.

Pokud budeme používat všechny tři vzdálenosti, tak tento výpočet vyhovuje spíše pro pořízení videa v uzavřené místnosti. Pro pořizování reálné scény v neohrazeném prostoru obecně nejsme schopni stanovit pozici nejvzdálenějšího objektu, a tak lze pomocí zaškrtačích políček Infinity nastavit vzdálenost do nekonečna. Pořízení stereoskopického snímku je mnohdy ovlivněno i samotnou šířkou kamer. Proto nemusí výsledná hodnota rozestupu kamer být z technických důvodů dosažena.

Výpočet interaxiální vzdálenosti

Pozitivní paralaxa: %

Negativní paralaxa: % ☐ zadat negativ. paralaxu

Nejvzdálenější bod: m ☐ Infinity

Fixační bod: m

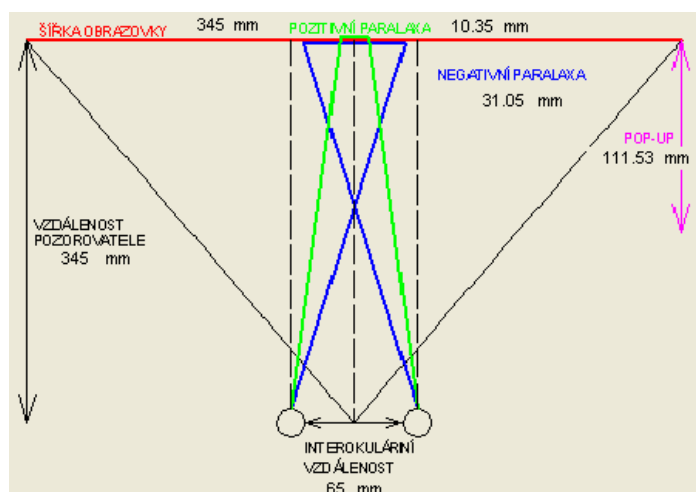
Nejbližší bod: m

max. snímaná vzdálenost [m]

Obr. 34: Výpočet interaxiální vzdálenosti

Zobrazení navrhnuté scény:

Pro lepší představu je program vybaven o přibližný náhled na výslednou scénu dle aktuálního nastavení parametrů.



Obr. 35: Zobrazení navrhnuté scény

Výsledné hodnoty:

Tento blok obsahuje výsledné vypočtené hodnoty, a to Horizontal FOV, Vertical FOV, korektní nastavení interaxiální vzdálenosti a dále nám dává informaci, zda navržená scéna bude konvergovat či divergovat.

Pozitivní paralaxa – V tomto okně je uvedena skutečná hodnota paralax ve zvolených jednotkách v závislosti na šířce výsledného snímku nebo projekční plochy. V tomto bloku je uveden úhel divergence.

Negativní paralaxa - V tomto okně je uvedena maximální vzdálenost od projekční roviny. To znamená, kdy dojde k zobrazení virtuálního objektu před zvolenou projekční rovinou.

Výsledné hodnoty		
Horizontal FOV: 39.5978 °	Pozitivní paralaxa	Negativní paralaxa
Vertical FOV: 26.9915 °	Na snímku: 10.35 mm	Na snímku: 31.05 mm
Interaxiální vzdálenost: 216 mm	Viditelný úhel: -4.53 deg	Vzdálenost od plochy: 111.53mm
Stav konvergence: konverguje		

Obr. 36: Zobrazení výsledných hodnot

6.1.2 Automatické nastavení pojezdu

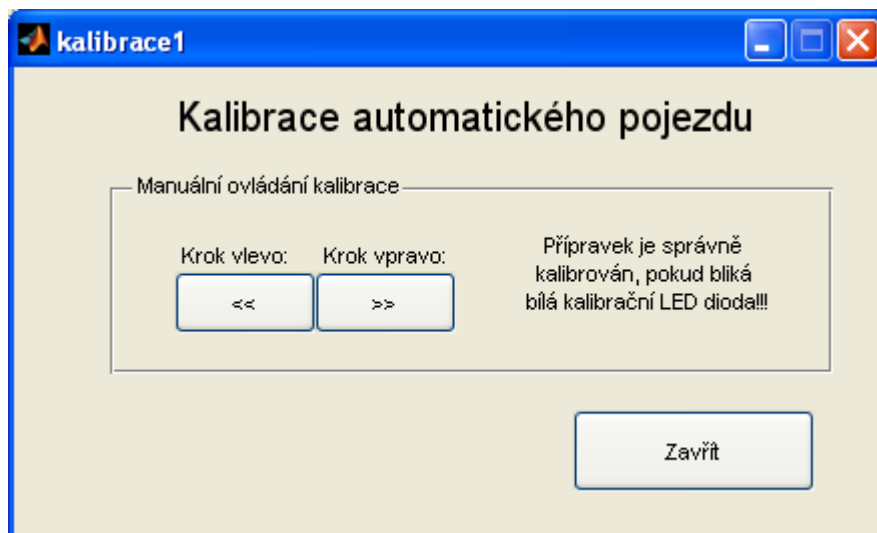
Pro nastavení vypočtené hodnoty interaxiální vzdálenosti je použito právě tuto část programu. Hodnotu, o kterou budeme posouvat vzdálenost kamer je zobrazena v okně „Nastavení interaxiální vzdálenosti“. Velikost si lze také nezávisle měnit, když je provedena volba políčka manuální nastavení. Výchozí minimální hodnota stereobáze je stanovena na 60mm, maximální pak na 360mm. Ve vysouvacím menu nastavení rychlosti pojezdu si lze jednoduše vybrat jakou rychlostí se bude jezdec posouvat. Tlačítko „Nastav“ slouží pro spuštění nastavení vzdálenosti, která byla navolena. Během posuvu není možné nijakým způsobem zasahovat do dalšího nastavování. Posuv značí 4 indikační červené LED diody.

Dokud není zaškrtnuto políčko pro připojení LPT portu tak Data Acquisition Toolbox není využit a řízení je prováděno jen vizuálně v programu. Pokud dojde k výběru tohoto pole, tak je navržená aparatura plně připojena. Aktivuje se nám také tlačítko pro kalibraci.

Automatické nastavení pojezdu		
Nastavení interaxiální vzdálenosti:	Nastavení rychlosti posuvu:	<input type="button" value="Nastav"/>
<input type="text" value="216"/> mm	<input type="button" value="Pomalý posuv"/>	<input type="button" value="Kalibrace"/>
<input type="checkbox"/> Připojit LPT port	Připraveno	
<input type="checkbox"/> Manuální nastavení		
MIN=60mm	Aktuální vzdálenost stereobáze: 21 mm	MAX=360mm
<input type="range"/>		

Obr. 37: Automatické nastavení pojezdu

Stisknutím tlačítka „Kalibrace“ dojde k přepnutí programu do menšího okna, kde můžeme za pomoci kurzorů doprava a doleva manuálně nastavit minimální vzdálenost stereobáze. Tato vzdálenost je na aparatuře značena žlutou kalibrační LED diodou, při jejím plném rozsvícení je pojezd nastaven do výchozí minimální polohy 60mm.



Obr. 38: Kalibrace automatického pojezdu

Stisknutím tlačítka „Konec“ v programu stereoakvizice dojde k nastavení jezdce do výchozí minimální pozice, až poté je program vypnut. Tento krok je využíván kvůli následnému zapnutí, jinak by bylo nutné aparaturu opět kalibrovat.

6.2 HLÁŠENÍ A ŘEŠENÍ PŘÍPADNÝCH CHYB V MATLABU

Je možné, že u některých verzí Matlabu nebude Data Acquisition Toolbox zcela spolupracovat a bude psát chybové hlášení ovladače:

PARALLEL: Could not start the WINIO.SYS device driver

Toto hlášení je s největší pravděpodobností způsobeno tím, že používaná verze Matlabu není správně aktivována. Po přidání licenčního souboru a restartování Matlabu by měl být program zcela funkční. U systému Windows Vista a Windows 7 se lze s touto chybou také setkat. Řešením je spuštění Matlabu jako správce (spustit jako správce).

7. VZNIK A PROJEKCE STEREOSKOPICKÉHO ZÁZNAMU

Pro projekci stereoskopického záznamu byla použita metoda pasivní projekce využívající polarizační filtry. Výběr byl také usnadněn tím, že již bylo pořízené speciálně upravené projekční plátno, které musí zanechat polarizaci dopadajícího světla. Jako projekční plocha je tedy použita projekční fólie Super 3D firmy Tuchler s šířkou 254cm a výškou 190cm. Abychom dostali nejlepší pozorovací vlastnosti, je plátno zavěšeno přibližně uprostřed stěny. Fólie je vybavena kapsami pro tyče, které slouží pro vypnutí plátna. Vypínací tyč je provedena sádkartonářským profilem typu UD 28x27x0.6mm. Pro optimálnější vyrovnaní plátna byla ještě provedena úprava pravého a levého okraje. K tomuto účelu byly použity plastové lišty pro vedení kabelu. Jejich připnutí ke stranám se plátno propnul do téměř ideálního tvaru. Případné nedokonalosti na plátně by totiž znamenaly značné porušení stereovjemu. Tím, že jsme takto umístili a vypnuli plátno, je možné sledovat projekci z více úhlů. Počet pozorovatelů je tak možné zvětšit téměř o 1/3.

Pro promítání scény byly pořízeny dva identické Projektory BenQ MW512 s nativním rozlišením 1280 x 800. Pro ně byla následně navržena konstrukce pro přesné nastavení jejich překrytí na promítací ploše.



Obr. 39: Sestrojená promítací stereoskopická aparatura

Před projektory jsou umístěny polarizační filtry o rozměrech 10 x 10mm s polarizací 45°. Filtry jsou vsazeny mezi pár skel o stejných rozměrech. Důležitý fakt, na který bylo nutné brát zřetel je, že světlo vystupující z projektoru má příliš vysoký světelný výkon. Tento výkon je přenášen přes malou plochu a může dojít k poškození filtru, proto byl polarizační filtr umístěn do vzdálenosti odpovídající dostatečnému ochlazení. Další skutečnost, kterou je nutno dodržet je, že filtry nastavíme souhlasně s orientací filtrů v použitých brýlích. Obraz pravého projektoru musí být po průchodu filtrem viditelný přes pravou stranu brýlí. Abychom dostali správně polarizovaný obraz na plátně, tak je zapotřebí využít zdroj nepolarizovaného světla. Princip je založen tak, že z nepolarizovaného světelného toku následně vybíráme pouze požadované složky. K tomuto účelu jsou vhodné projektory s technologií DLP, což je splněno. Propojení projektorů s počítačem je provedeno pomocí klasického VGA konektoru (DE-15), druhý projektor je připojen také pomocí VGA nebo DVI konektoru. Obraz je zpracováván za podpory grafické karty NVIDIA GeForce 230 series.

7.1 NÁVRH A ÚPRAVA STEREOSKOPCKÉ SCÉNY

Návrh scény spočíval v zisku co největšího hloubkového vjemu. První typ scény byl natáčen pro vzdálenost objektů přibližně od 5 do 15m, druhý typ scény pro vzdálenosti 15 až 30m, třetí typ pro vzdálenosti od 10 až 50m. Scéna pro určení vzdálenosti objektů ve scéně byla vzdálena v rozpětí 5 až 10m. Pro korektnost nastavení stereobáze byl využit navržený program stereoakvizice, do kterého byly zadána veškerá vstupní data.

Jelikož nebylo k dispozici IR dálkové ovládání, bylo nutné použít alternativu. Jako první varianta se nabízí možnost použití kabelové spouště RM-AV2 s ovládáním transfokátoru pro videokamery s konektorem iLink. Tato spoušť je kompatibilní i s modely vybavenými konektory A/V. Obsahuje jak funkční tlačítka pro spuštění a zastavení nahrávání, tak režim fotografie i zoom. [23]



Obr. 40: Komerčně dostupná kabelová dálková spoušť RM-AV2

Avšak jeden ovladač slouží pochopitelně pouze k zapnutí jen jedné videokamery. Pro synchronní zapojení dvou kamer je potřeba obstarat dvě totožné zařízení. Princip komunikace ovladačů mezi sebou je založen na jednotlivém propojení tlačítek pomocí drátových propojek. Například po stisku nahrávání se signál přenesení i na druhou spoušť a vyšle totožnou instrukci kameře. Pořizovací cena této spouště se pohybuje v rozmezí 1100Kč až 1500Kč a vzhledem k nutnosti vlastnit dva kusy nebylo toto zařízení otestováno přímo v praxi a zůstalo jen u teoretického návrhu.

Jako druhá varianta se jeví následná softwarová úprava záznamu. Použitím stříhového studia Sony Vegas Pro 10.0 byly záznamy synchronizovány díky zvukové stopě v záznamu. Zvuková značka byla prováděna za pomoci jednoduché elektronické klapky.

7.2 NASTAVENÍ A SPUŠTĚNÍ PROJEKCE

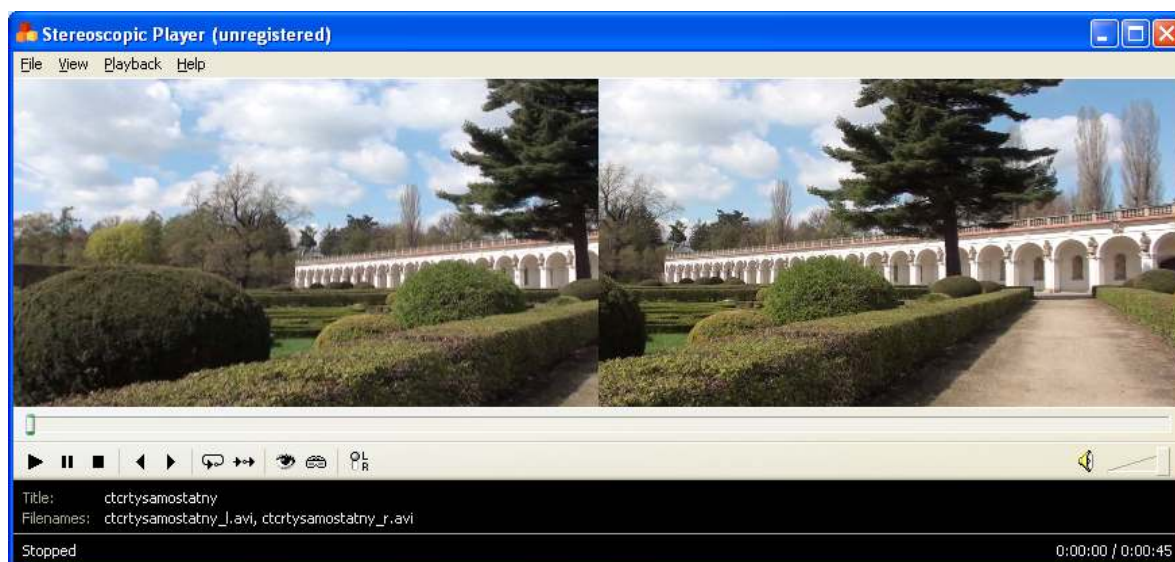
Pro správné seřízení a nastavení promítání je nutné dodržet několik následujících bodů. Promítací aparatura byla testována na operačním systému Windows 7.

Jako první bod je nutné propojit projektory s počítačem, nastavit je přibližně 3m od projekční fólie a uvést přístroje do chodu. Po spuštění operačního systému přepneme nastavení obrazovky do režimu rozšířená plocha.

Dále následuje nastavení projektorů. Důležité je mít nastavené obě zařízení naprosto stejně. Rozlišení by mělo být v projektorech nastaveno automaticky, stejně tak poměr stran, popřípadě volíme z menu, které je k dispozici. Barvu pozadí nastavíme na bílou.

Jakmile dokončíme nastavování přístrojů, tak přichází na řadu nejdůležitější část, a to nastavení překrytí obrazu na promítací scéně. Projektory již mají v záložce menu přednastaven kalibrační obrazec, tento obrazec tedy aktivujeme. Musíme docílit takového nastavení, aby bylo překrytí jednotlivých horizontálních i vertikálních čar co nejpresnější. Posuv projektorů provádíme pomocí šroubů, které jsou na promítací aparatuře k tomu určeny. Ve finále je viditelnost pouze jednoho kalibračního obrazce.

Jako nejvhodnější přehrávač pro stereoskopická videa byl po sérii testování zvolen program Stereoscopic Player, Version 1.8, Unregistered copy [22]. Výhoda jeho použití je již patrná z názvu. Při porovnání například s klasickým Windows Media Player je program přizpůsoben pro načtení zvlášť levého a pravého snímku, což zmíněný WM Player neumožňuje. Dále nabízí možnost nastavení horizontální paralaxy (shift+ up/down) i vertikální paralaxy (shift+ left/right).



Obr. 41: Stereoscopic Player

Po spuštění programu provedeme načtení pravého a levého videozáznamu. Dále nastavíme horizontální paralaxu scény – obě scény by měly mít stejně nastavenou horizontální paralaxu. Popřípadě můžeme upravit i paralaxu vertikální. V případě vynechání tohoto kroku dojde k degradaci výsledného vjemu. V záložce View - Viewing method vybereme v jakém stereoskopickém formátu budeme video prezentovat, v testovaném případě byla aktivní metoda Side by Side video. Zde provedeme také aktivaci druhého monitoru pomocí Dual Screen Output. Poté je video připraveno k puštění ve full screen zobrazení (dvojklik myši na video). [22]

8. VÝSLEDKY ANKETY PRO HODNOCENÍ PROSTOROVÉHO VJEMU

Pro zhodnocení funkčnosti celé snímací i projekční aparatury byl vypracován experiment pro skupinu pozorovatelů, kteří vyhodnocovali vjem promítané scény. Cílem bylo dokázat vliv jednotlivých vzdáleností stereobáze a dopad na fyziologii jedince.

Scéna byla navržena tak, aby vynikl co největší hloubkový vjem. Zpracovány jsou pokaždé tři krátké videosekvence se stejnou dynamickou scénou, ale s rozdílnou velikostí stereoskopické báze. Celkově jsou tedy použity čtyři různé scény s různou vzdáleností snímaného objektu. Vzhledem k velikosti snímače kamer 2,4mm x 3,2mm a vzdálenosti snímaného předmětu byly většinou testovány vzdálenosti stereobáze od 60mm do 100mm. Větší nastavení stereobáze pro dané scény se jevilo jako zbytečné, neboť byla dosažena paralaxa, při které hloubkový jev nebyl viditelný, a docházelo k velkému zkreslení. Této vzdálenosti odpovídala i navržená scéna pro snímání. Zároveň se tímto pokusem ověřila i aplikovatelnost programu stereoakvizice pro výpočet a automatické nastavení korektní stereobáze.

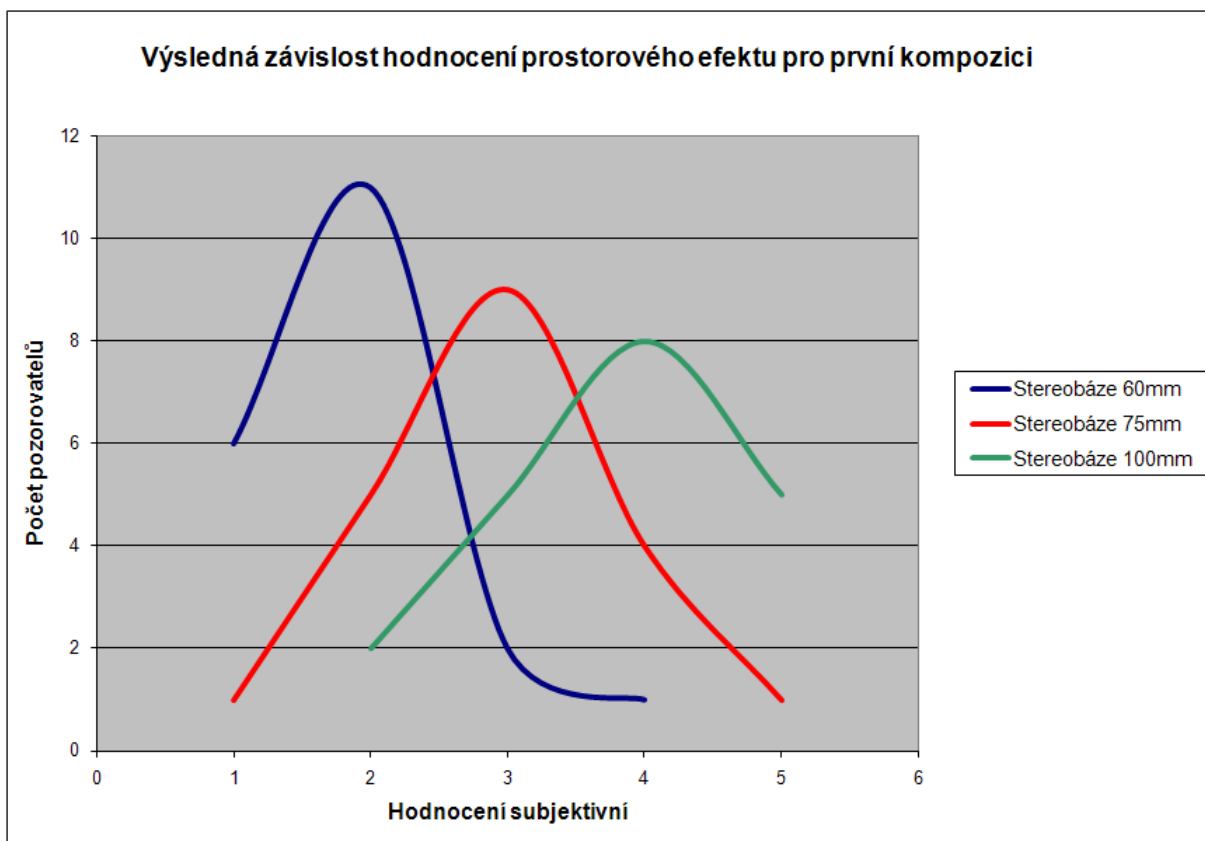
Pro skupinu 20 pozorovatelů bylo postupně promítáno 13 krátkých videosekvencí. Každý obdržel anketní lístek, do kterého měl ohodnotit navození prostorového vjemu, fyziologický dopad a zapsat případnou oční vadu. Abychom dosáhli co nejlepších hodnot, bylo nutné dodržet vzdálenost pozorovatelů od projekční plochy přibližně 5,4m. Tato hodnota je dána šířkou projekční plochy (2m) a teoretickým ideálním poměrem šířky projekční plochy a vzdálenosti (1:2,7).

Výsledné hodnoty byly zpracovány a jsou diskutovány dále v práci.

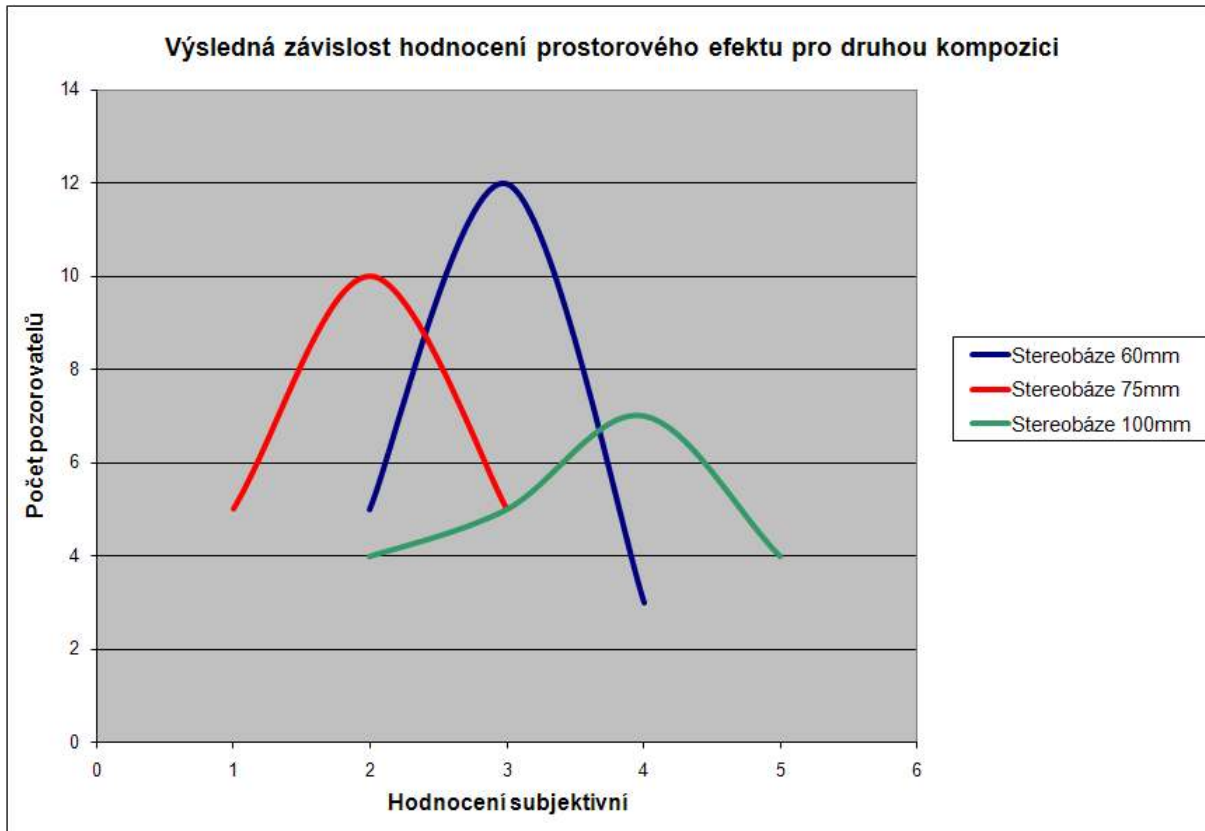
8.1 VÝSLEDKY ANKETY SUBJEKTIVNÍ ČÁSTI

První hodnocení polarizační projekce se týkalo dosaženého prostorového efektu. Zde měl pozorovatel ohodnotit body jedna (nejlepší) až pět (nejhorší) promítanou scénu. Tudiž nejlepší hodnoty pro sledování se pohybují co nejbližší číslu jedna.

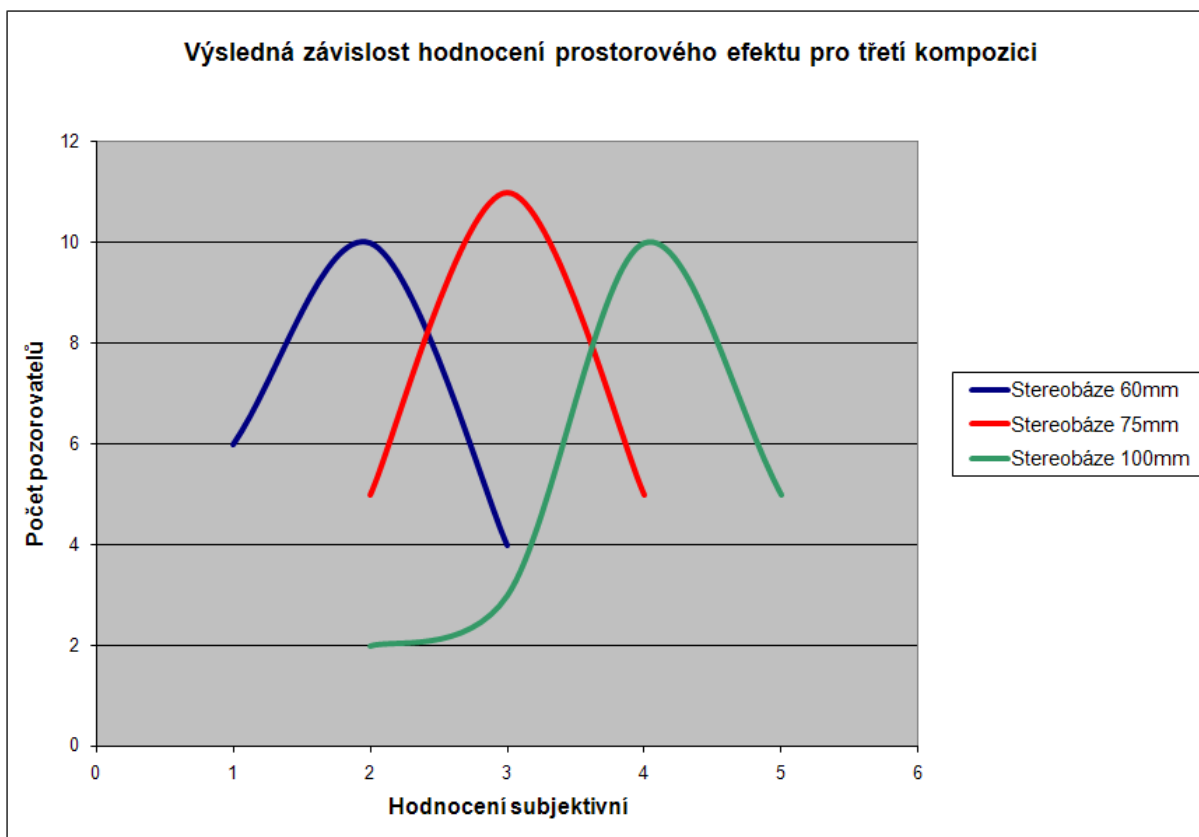
Výsledky ankety jsou vyneseny do grafů. Graf je zpracován na bázi histogram, avšak diskrétní (sloupcové) hodnoty nejsou zobrazeny a je viditelná pouze křivka proložených hodnot odpovídající počtu pozorovatelů hodnotící danou stereoskopickou scénu, a to z důvodů rychlejší a lepší orientace v grafu.



Graf 1: Závislost hodnocení prostorového efektu pro první kompozici



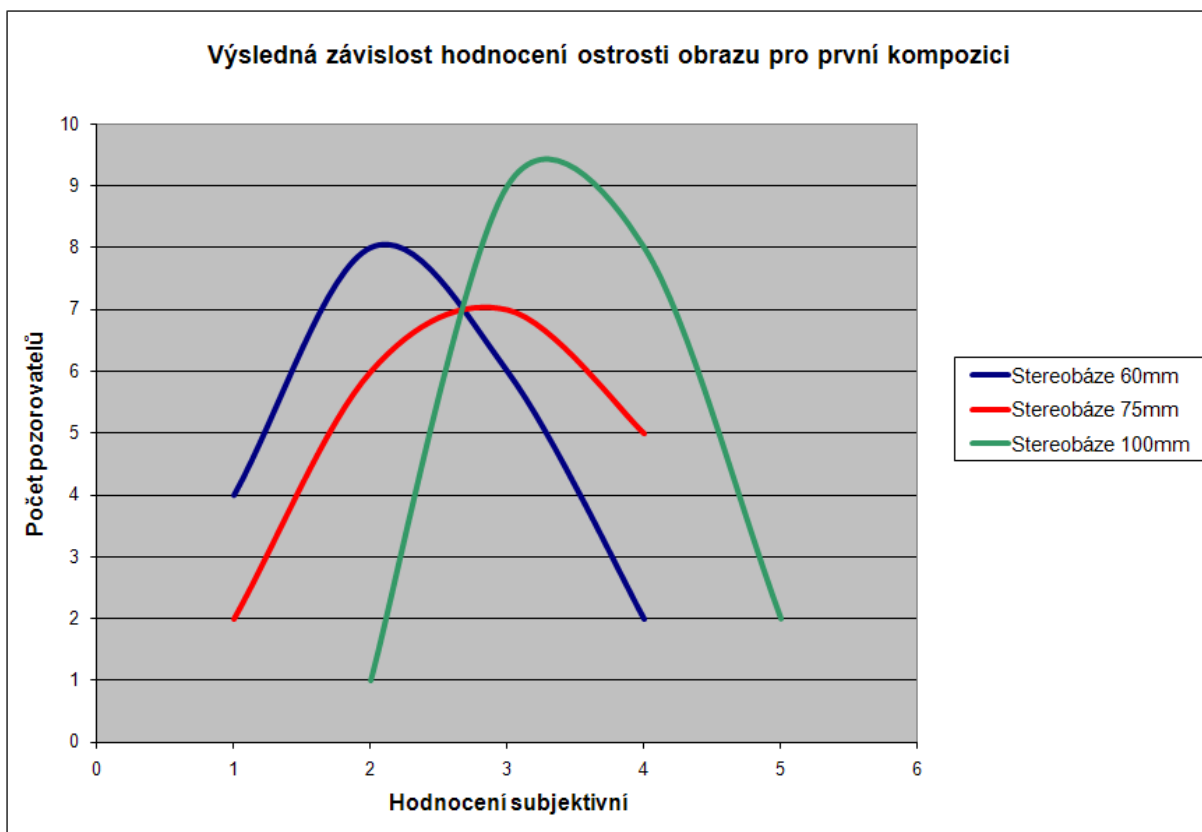
Graf 2: Závislost hodnocení prostorového efektu pro druhou kompozici



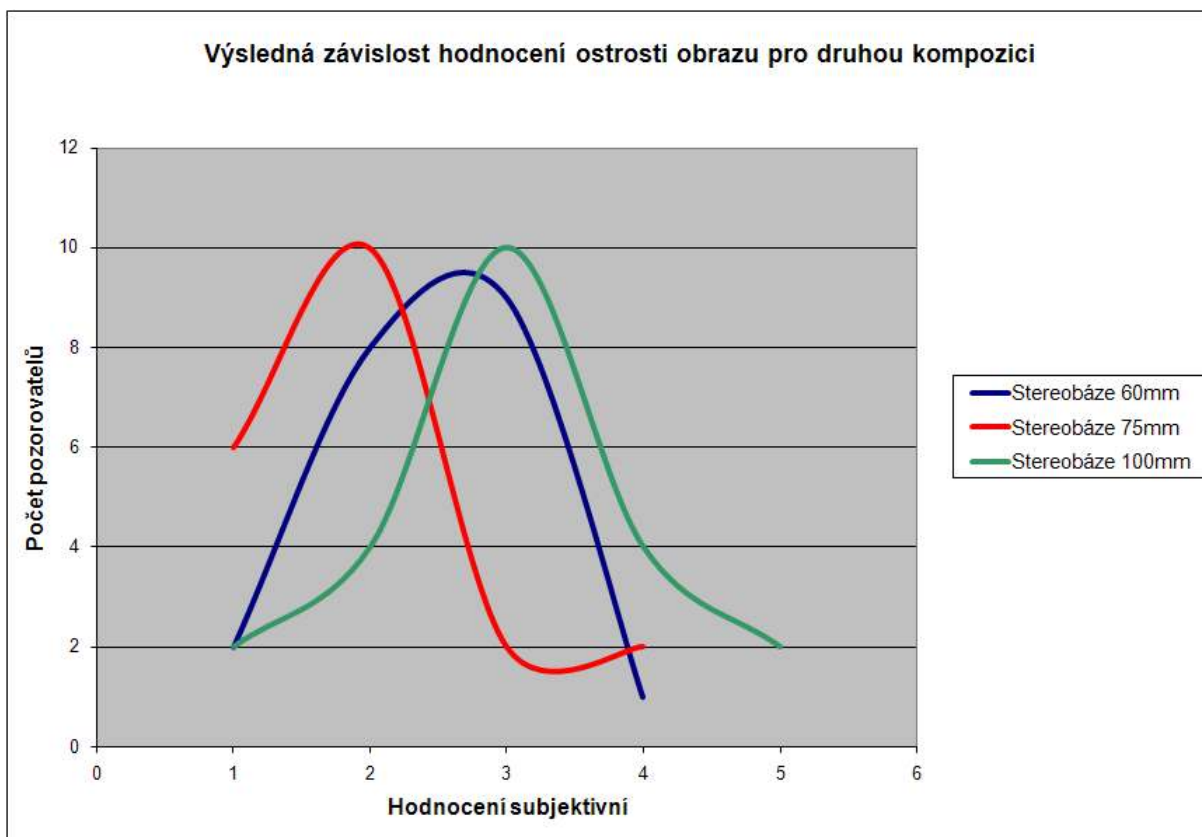
Graf 3: Závislost hodnocení prostorového efektu pro třetí kompozici

Při porovnání jednotlivých grafů dojdeme k závěru, že pro snímání objektu v rozmezí vzdáleností od 5 do 15m je ideální rozestup kamer 60mm. Pro vzdálenosti větší, jako tomu bylo ve druhé kompozici, je ideální rozestup stanoven na 75mm. Pro třetí kompozici by se jevilo jako nejlepší nastavení 100mm, avšak tomuto závěru nelze podléhat. Ve scéně jsou vyobrazeny i předměty ve vzdálenosti 15m a pro ty je vhodnější nastavení 60mm. Pozadí vzdálené více jak 50m již nemá takovou hloubkovou podstatu jako objekt před ním. Tudíž i zde byla stanovena hodnota stereobáze 60mm. Nejhorší tedy dopadlo vždy nastavení stereobáze 100mm, při kterém zaniká hloubkový vjem a vzniká „ghosting“.

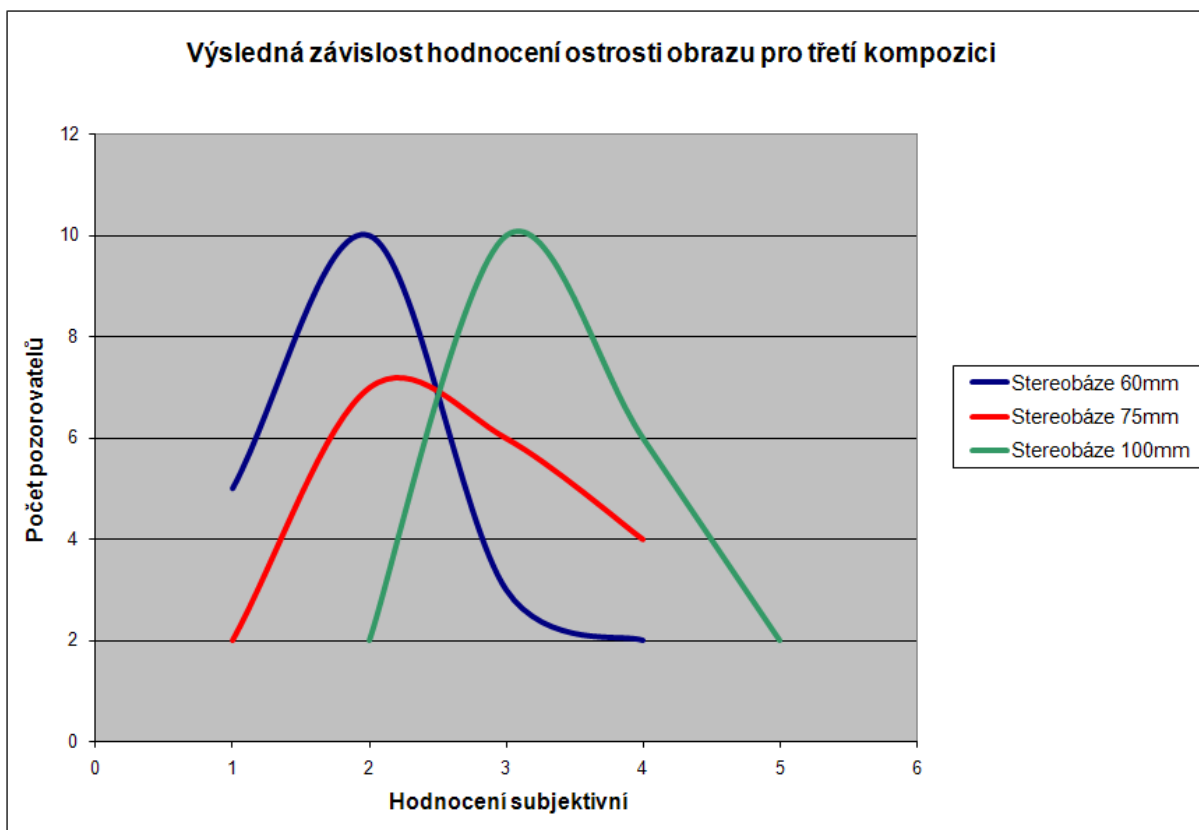
Dalším bodem bylo opět subjektivní hodnocení body od jedné do pěti, ale tentokrát pro stanovení ostrosti obrazu. Výsledky jsou opět vyneseny do grafů.



Graf 4: Závislost hodnocení ostrosti obrazu pro první kompozici



Graf 5: Závislost hodnocení ostrosti obrazu pro druhou kompozici



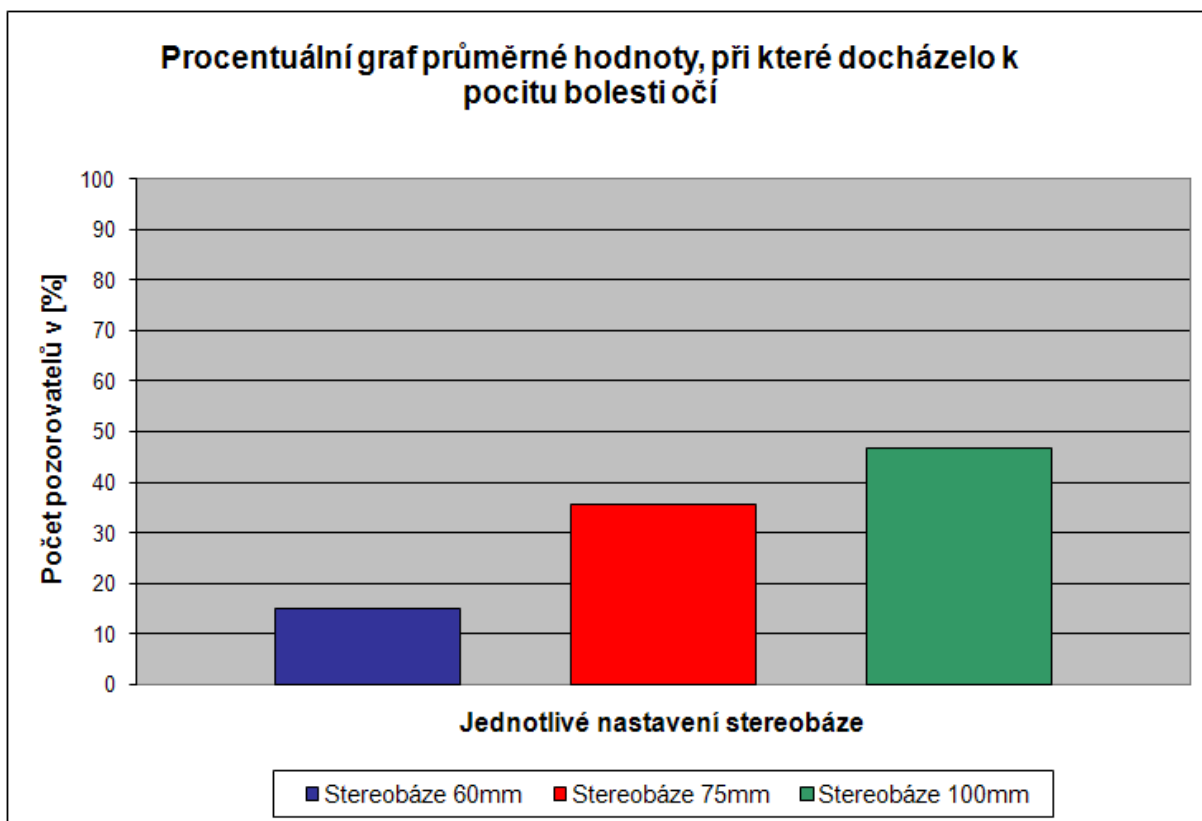
Graf 6: Závislost hodnocení ostrosti obrazu pro třetí kompozici

Z výsledných grafů si lze potvrdit hypotézu, že použitá stereobáze odpovídá výsledkům dosažených v hodnocení hloubkového vjemu. Pro příklad uveďme druhou kompozici, kde pozorovatelé ohodnotili stejně stereobázi i ostrost obrazu na 75mm.

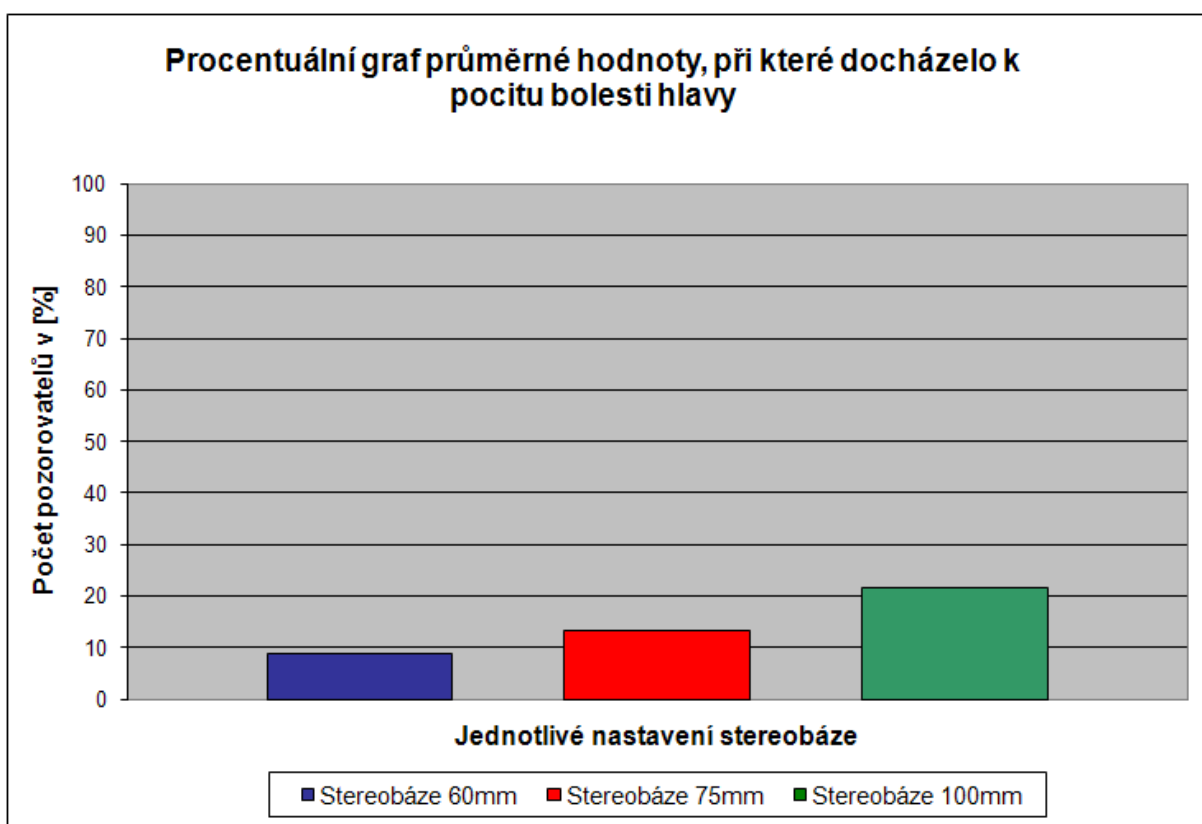
8.2 VÝSLEDKY ANKETY OBJEKTIVNÍ ČÁSTI

V dalším bodě bylo třeba vyhodnotit parametry, které mají vliv na fyziologii. Pozorovatelům byly položeny otázky zda dochází k pocitu bolesti očí, bolesti hlavy či ke vzniku strabismu (šilhání). Pro dosažení relevantních výsledků bylo nutné, aby pozorovatel nebyl unaven či opilý. Na základě těchto otázek byly vypracovány grafy, do kterých je vynesena procentuální hodnota. Výsledná hodnota tedy odpovídá procentům pozorovatelů, při kterých docházelo ke zmíněným fyziologickým poruchám při sledování.

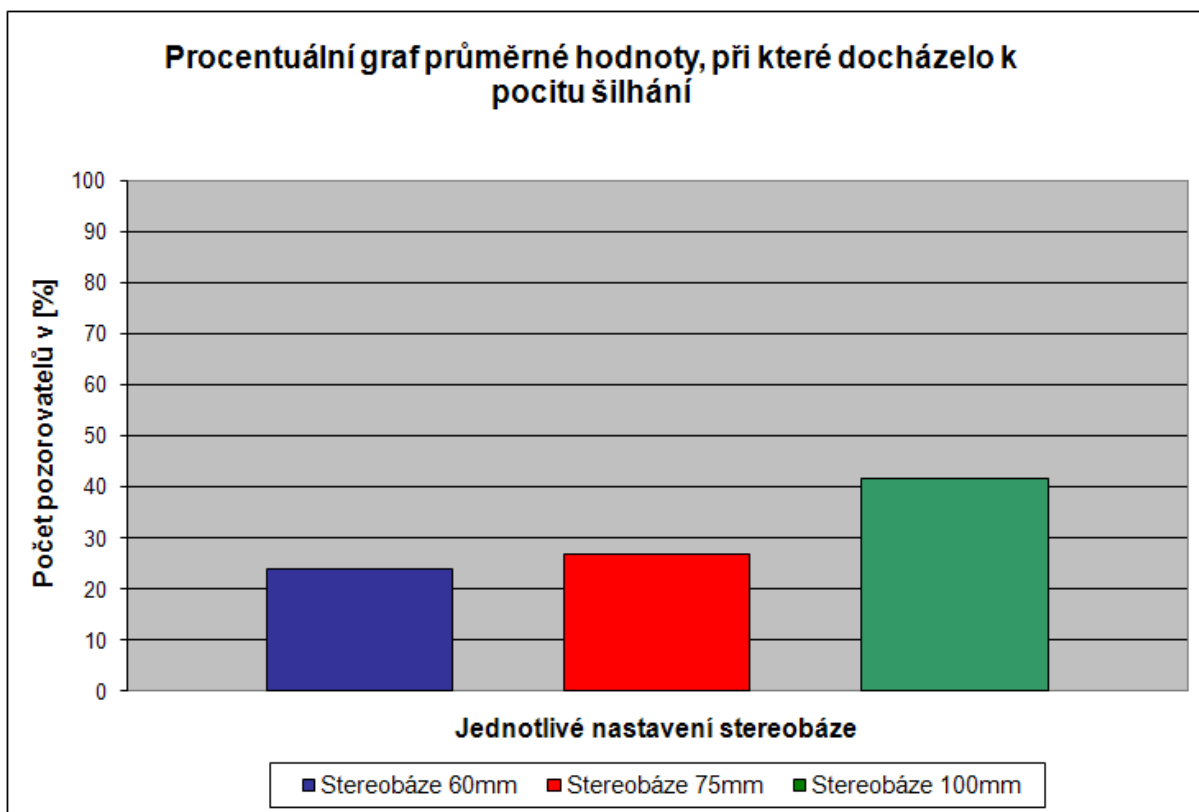
Pokud osoba začne v průběhu sledování stereoskopického videa s jakoukoli stereobází pociťuje závrať nebo zmatenost či dezorientovanost, tak by měla činnost okamžitě ukončit. Velký vliv může mít promítání videa lidem, kteří trpí epileptickými záchvaty.



Graf 7: Procentuální graf průměrné hodnoty, při které docházelo k pocitu bolesti očí



Graf 8: Procentuální graf průměrné hodnoty, při které docházelo k pocitu bolesti hlavy

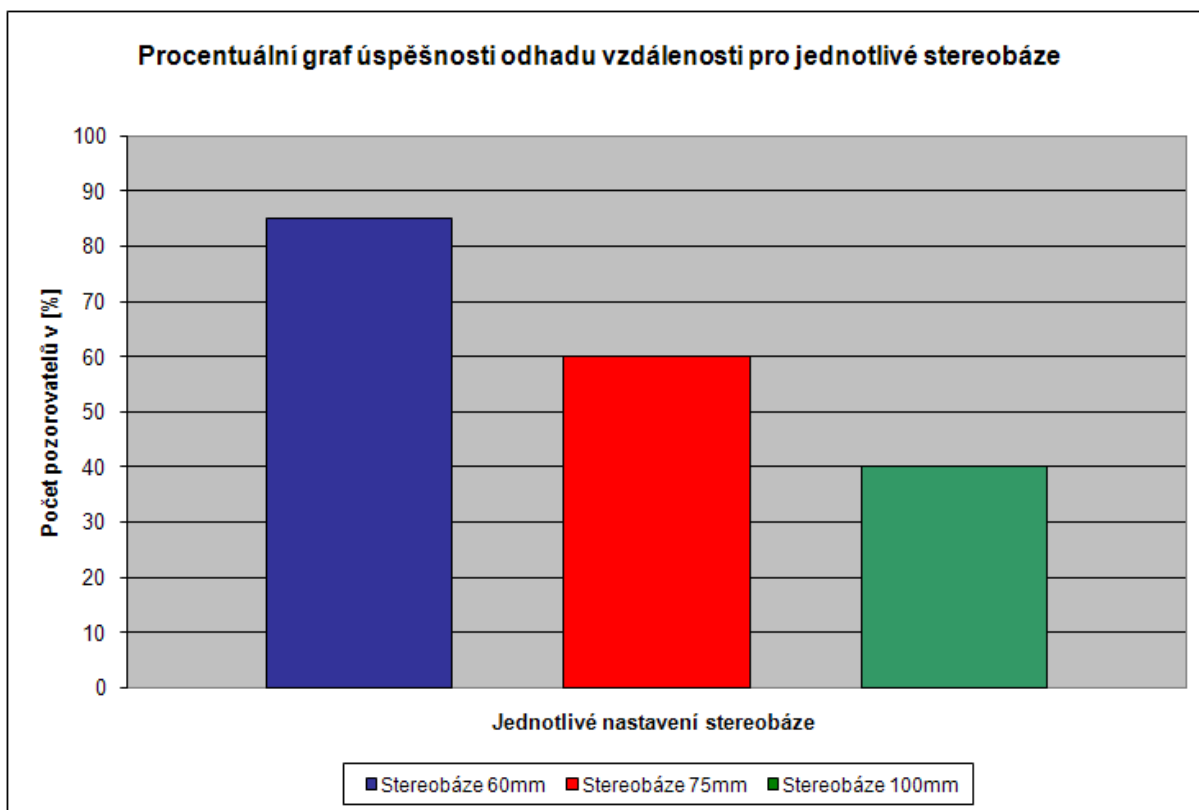


Graf 9: Procentuální graf průměrné hodnoty, při které docházelo k šilhání

Při porovnání jednotlivých hodnot docházíme k závěru, že nejvhodnější stereobáze pro vytvoření scény se jeví pro vzdálenost 60mm. U pozorovatelů dochází k nejmenšímu pocitu bolesti hlavy, očí i ke vzniku strabismu. Za ní následuje vzdálenost 75mm, a jako nejméně vhodná hodnota vychází 100mm.

Výsledky stanovené z vyhodnocení fyziologických parametrů však nemusí příliš odpovídat skutečnosti, neboť například k bolesti hlavy nemusí ze začátku sledování videozáznamu vůbec dojít. Až po delším sledování bude pozorovatel pociťovat nevolnost.

Posledním experimentem bylo navržení scény tak, abychom určovali pořadí jednotlivých předmětů, v našem případě lahví, na přirozeném pozadí. Láhve byly různých velikostí a vzdálené od kamer tak, aby při pozorování jedním okem nebylo možné určit jejich pořadí. Teprve při pozorování oběma očima je pozorovatel schopen určit pořadí objektů. Scéna byla snímána s různou stereobází a vždy při změně stereobáze bylo pořadí předmětů změněno. Následující graf zobrazuje procentuální úspěšnost pro jednotlivé stereobáze.



Graf 10: Procentuální graf úspěšnosti odhadu vzdálenosti pro jednotlivé stereobáze

Jako nejvhodnější se tedy jeví vzdálenost stereobáze 60mm, za ní následuje 75mm a poté 100mm.

Doplňková část dotazníku se zaměřila na názory z tématu stereoskopických technologií a kladla pozorovatelům dvě otázky. První dotaz se týkal budoucnosti 3D technologie. Druhý dotaz byl směřován na fyziologii, a to zda může dojít při sledování stereoskopického záznamu k poškození zraku.

Většina pozorovatelů se stavěla kladně pro budoucnost technologie, avšak v 10 % odpovědí se vyskytl dotaz na její využití v reálném (praktickém) životě, a ne pouze v zábavním průmyslu. Toto tvrzení lze snadno vyvrátit. Jedním z mnohých příkladů je nové využití 3D technologií v urologii, gynekologii, ale i při onkologických a jiných onemocněních vnitřních orgánů s názvem Einstein Vision. Zavedená miniaturní Full HD kamera do těla pacienta snímá stereoskopický obraz. Operátor je tak schopen vnímat hloubku, což doposud prakticky nebylo možné, s výjimkou robotických operací, jejichž provoz však byl zatížen vysokou nákladovostí. [28]

Na dotaz, zda může dojít k poškození zraku při sledování stereoskopického obrazu, odpovědělo 100% pozorovatelů záporně. Toto tvrzení nelze nijak potvrdit, neboť neexistuje žádná vědecky uznávaná studie, která tento případ popisuje.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo prostudovat fyziologii binokulárního vidění pro získání prostorového vjemu z dvourozměrných obrazů pomocí pasivních i aktivních brýlí a popsat stereoskopické metody, které se používají k tomuto účelu. Dále pak navrhnout snímání dynamické scény za pomoci identických videokamer a následně provést realizaci snímání s automatickou regulací vzdálenosti kamer. Poté záznam zpracovat a promítnout skupině pozorovatelů, kteří vyhodnotí získaný hloubkový vjem i fyziologické parametry výsledných krátkých videozáznamů pomocí navržené ankety. Práce je členěna do osmi kapitol, ve kterých jsou rozebrány a diskutovány jednotlivé body.

První až čtvrtá kapitola je věnována teorii. Ze čtvrté kapitoly je však nutné zmínit metodu OFF-AXIS, která byla aplikována v praxi. Tento fakt nám usnadnil jednotlivé výpočty pro korektní nastavení stereoskopické báze. Pro výslednou velikost na základě vzdáleností předmětů ve scéně byl odvozen vzorec 4.10.

Na tvorbu hardwarové a softwarové části se zaměřují kapitoly pět až sedm. Na základě cílů, které měly být dosaženy, se jevila jako nejpřesnější regulace vzdálenosti stereoskopické báze za využití krokového motoru, který budeme následně ovládat prostřednictvím počítače. Důvod použití a funkce paralelního rozhraní pro řízení krokového motoru jsou diskutovány v kapitole pět. Zde je postupně rozebrán i detailní popis použitého unipolárního krokového motoru PM35S-048 a jeho komunikace s navrženým programem. Vzhledem k tomu, že může dojít ke zničení paralelního portu, bylo zapotřebí využít určitý typ integrovaného obvodu k zabránění tomuto stavu. Využit byl obvod TTL logiky, který dle uvedených funkcí dokáže úspěšně zabránit zničení portu. Jako hardwarový ovladač pro zpracování signálů z počítače je použit integrovaný obvod ULN2003 APG. Následně je posána softwarová část včetně připojení a nastavení aparatury pro snímání i projekci.

V poslední osmé kapitole je vyhodnocen výsledný vjem hloubky obrazu a jeho ostrost i fyziologické parametry. Literatura [6] a [11] uvádí, že při použití standartních videokamer s horizontálním zorným úhlem 56° je vhodné nastavit poměr stereoskopické báze a vzdálenosti objektu snímaného v nulové paralaxe ve scéně v poměru 1:34, přičemž promítání by mělo být v poměru šířky obrazu vůči vzdálenosti pozorovatele 1:2,7. Tato skutečnost byla potvrzena skupinou pozorovatelů. Pokud tedy nemáme k dispozici přesné parametry pro nastavení hodnot do vytvořeného programu stereoakvizice, tak lze i tímto jednoduchým způsobem dojít k hloubkovému efektu v promítané scéně. Vzhledem k velikosti snímacího čipu a navržené scény byly testovány pouze stereobáze do 100mm, poté vzniká příliš velká paralaxa v obrazu a pro diváka je nepříjemná. Jako nejlepší sledování videozáznamu pro první kompozici je po stránce hloubkového vjemu i ostrosti stanovena vzdálenost 60mm. Pro druhou kompozici odpovídá nejvhodnější hodnota 75mm a pro třetí opět 60mm. K nejmenším

fyziologickým poruchám docházelo ve vzdálenosti 60mm, to je způsobeno minimálními hodnotami překrytí jednotlivých obrazů. Jako nejnevhodnější se jevílo nastavení vzdálenosti kamer 100mm. Takto vytvořené scény patřily k nejhůře hodnoceným. Plasticita obrazu byla ve všech scénách hodnocena nejčastěji v obou rovinách. Určitá nejistota zpracovaných dat byla zapříčiněna nižším počtem pozorovatelů.

Funkčnost celé snímací aparatury byla otestována několikanásobně v praxi a je použita i pro pořízení výsledných záznamů. Pro dosažení co největší přesnosti, je motor řízen osmitaktně. Toto řízení minimalizuje možnost ztráty kroku. Přesnost, se kterou jsme tedy schopni řídit vzdálenost stereobáze, je měřením stanovena na $\pm 0,1\text{mm}$. Tuto hodnotu nejsme schopni při manuálním nastavení nikdy dosáhnout, proto je navržené řízení zhodnocené jako velice kvalitní. Avšak zásadní nevýhodou je nutnost napájení krokového motoru +12V s proudem do 500mA. To aparaturu omezuje ve venkovním použití. Případná vylepšení lze tedy vést tímto směrem.

POUŽITÁ LITERATURA:

- [1] GANONG, William F. Přehled lékařské fyziologie. Praha: H&H, 1995. ISBN 80-85787-36-9.
- [2] HLAVÁČ, Miroslav. Zaostrění – expozice: základy dobrého zraku. Praha: Nakladatelství Jaroslav Spousta, 1946. 59 s.
- [3] KOLÁŘ, R. Přednáškové texty Lékařské diagnostické techniky. FEKT VUT v Brně. Brno, 2008.
- [4] PINCOVÁ, Marie. Smyslová soustava [Online], 2009. [cit. 2011-04-20]. Dostupné z WWW:
<http://skolajecna.cz/biologie/Sources/Textbook_Textbook.php?intSectionId=110700>
- [5] KVAPÍLKOVÁ, Květa. Anatomie a embryologie oka, učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology. 1.vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. 206 s. ISBN 80-7013-313-9
- [6] HLAVÁČ, Václav, ŠONKA, Milan. Počítačové vidění. Praha: Grada Publishing, 1992. ISBN 80-85424-67-3.
- [7] GALI-3D: Technologie 3D a stereoskopie [online], 2009. [cit. 2011-04-20]. Dostupný z WWW: <www.gali-3d.com/cz/techno/techno.php>
- [8] INFITEC stereo display technology [online], 2010. [cit. 2012-04-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.infitec.net>>
- [9] Autostereoscopic displays [online], 2010. [cit. 2011-04-21]. Dostupný z WWW: <www.3d-forums.com/autostereoscopic-displays-t1.html>
- [10] NVIDIA 3D vision [online], 2009. [cit. 2011-11-08]. Dostupný z WWW: <www.nvidia.co.uk/object/GeForce_3D_Vision_Main_uk.html>

- [11] LIPTON Lenny: StereoGraphics Developers' Handbook. StereoGraphics Corporation, 1997. [cit. 2012-02-20]. Dostupný z WWW:
< www.cs.unc.edu/Research/stc/FAQs/Stereo/stereo-handbook.pdf>
- [12] BERCOVITZ, J., KIEWA VALLEY STEREO. A Comparison of Camera Base Calculation Methods [online], 1996. [cit. 2012-12-11]. Dostupný z WWW:
<<http://home.vicnet.net.au/~vic3d/bases.html>>
- [13] LUBR, Daniel. Stereoskopická projekce. [s.l.], 2006. [cit. 2012-04-01]. 57 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Roman Berka Ph.D. Dostupný z WWW:
<https://dip.felk.cvut.cz/browse/pdfcache/laubrd1_2006dipl.pdf>.
- [14] HASMANDA, M. Zpracování stereoskopické videosekvence. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 53 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Kamil Říha, Ph.D.
- [15] KLÍMA, J. Binokulární vidění a výroba anaglyfů: bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 34 s, 2 přílohy. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Fedra
- [16] ČÍŽEK, Petr. Prostorové zobrazování. [s.l.], 2005. [cit. 2011-05-1]. 59 s. Diplomová práce. Dostupný z WWW:
<http://herakles.zcu.cz/~skala/VID/Data/PetrCizek_DP2005.pdf>
- [17] OLMR, Vít. HW server představuje: Paralelní port – LPT (IEEE 1284) [online], 2009. [cit. 2012-12-2]. Dostupný z WWW: <<http://www.hw.cz/lpt>>
- [18] HAMERA, Erik. Jak si rychle a bezpečně ochránit paralelní port [online]. 2009 [cit.2012-3-7]. Dostupný z WWW: <<http://www.root.cz/clanky/jak-si-rychle-a-bezpecne-ochranit-paralelni-port/>>
- [19] SUTO, Masujo; SYKES David. StereoMovie Player [online], 2010. [cit. 2012-4-1]. Dostupný z WWW: <<http://stereo.jpn.org/eng/stvply/index.html>>

- [20] MATHWORKS, Inc. The. Data Acquisition Toolbox™ User's Guide [online], 2005-2012. [cit. 2012-12-12]. Dostupný z WWW:
<http://www.mathworks.com/help/pdf_doc/daq/daqug.pdf>
- [21] ZAPLATÍLEK, Karel; DOŇAR, Bohuslav. MATLAB – tvorba uživatelských aplikací. 1. Vydání, BEN – technická literatura, Praha, 2004, 216 s, ISBN- 80-7300-133-0.
- [22] 3dtv.at [online], 2005-2009. [cit. 2012-11-13]. Dostupný z WWW: <www.3dtv.at>.
- [23] SONY Europe Limited [online], 2012. [cit. 2012-2-2]. Dostupný z WWW:
<<http://www.sony.cz/product/cam-high-definition-on-memory-stick/hdr-cx115e/tab/technicalspecs#tab>>.
- [24] Zobrazovací rovnice objektivu [online], 2006. [cit. 2011-12-30].
Dostupný z WWW: <<http://www.dobre-svetlo.cz/rovnice.htm>>.
- [25] INITION, StereoBrain Calculator from Inition [online], 2009. [cit. 2011-09-30].
Dostupný z WWW:
<http://www.inition.co.uk/inition/product.php?URL_=product_stereovis_inition_stereobrain&SubCatID_=81>.
- [26] TOSHIBA ULN2003APG, ULN2003AFWG, ULN2004APG, ULN2004AFWG [online], 2006. [cit. 2012-02-14]. Dostupný z WWW:
<http://www.toshiba.com/taec/components2/Datasheet_Sync/393/22737.pdf>.
- [27] MOTOROLA - 74LS541 OCTAL BUFFER/LINE DRIVERWITH 3-STATE OUTPUTS [online], 2011. [cit. 2012-03-04]. Dostupný z WWW:
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/90/488750_DS.pdf>
- [28] B. BRAUN MEDICAL s.r.o. Einstein Vision [online], 2012. [cit. 2012-05-01].
Dostupný z WWW: <<http://www.bbraun.cz/cps/rde/xchg/cw-bbraun-cs-cz/hs.xsl/products.html?prid=PRID00007222>>

SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obr. 1: Řez okem [4].....	9
Obr. 2: Tyčinky a čípky[4]	11
Obr. 3: Citlivost lidského oka na barvy.....	11
Obr. 4: Akomodace oka [4].....	13
Obr. 5: Vady zraku [4]	15
Obr. 6: Stereoskop – pro stereo pohlednice [7].....	16
Obr. 7: Schéma pasivní projekce [7]	17
Obr. 8: Uspořádání barevných filtrů metody Infitec pro levé a pravé oko [8].....	18
Obr. 9: Schéma aktivní projekce [7]	19
Obr. 10: Brýle pro anaglyf	20
Obr. 11: Schéma pro anaglyf [7]	21
Obr. 12: Metoda TOE-IN	23
Obr. 13: Metoda OFF-AXIS	24
Obr. 14: Příklad oříznutí scény metodou OFF-AXIS	25
Obr. 15: Nastavení stereobáze.....	27
Obr. 16: Univerzální lišta pro změnu stereobáze	29
Obr. 17: Stanovení pozorovací vzdálenosti.....	31
Obr. 18: Znázornění jednotlivých druhů paralax	32
Obr. 19: Popis pinů konektoru paralelního portu [17]	34
Obr. 20: Definice napětí. úrovně pro TTL (vstupní napětí- input voltage, výstupní napětí - output voltage) [17].....	35
Obr. 21: Schematické zapojení LED diody na LPT port	35
Obr. 22: Krokový motor PM35S-048	37
Obr. 23: Schématické zapojení unipolárního krokového motoru PM35S-048	39
Obr. 24: Schématické zapojení elektronické části.....	40
Obr. 25: Osazovací plošný spoj pro schématické zapojení.....	41
Obr. 26: Konstrukční návrh a provedení snímací aparatury	42
Obr. 28: Rychloupínací destička pro připevnění aparatury.....	43
Obr. 29: Připojení patice pro napájení +12V	43
Obr. 30: Program Stereo Movie Player	44
Obr. 27: Zpracování dat pomocí Data Acquisition Toolbox.....	45
Obr. 31: Celkový pohled na navržený program stereoakvizice	47
Obr. 32: Nastavení snímacího čipu	48
Obr. 33: Nastavení projekční plochy.....	49
Obr. 34: Výpočet interaxiální vzdálenosti.....	50
Obr. 35: Zobrazení navrhnuté scény	50
Obr. 36: Zobrazení výsledných hodnot	51

Obr. 37: Automatické nastavení pojezdu	51
Obr. 38: Kalibrace automatického pojezdu	52
Obr. 39: Sestrojená promítací stereoskopická aparatura	53
Obr. 40: Komerčně dostupná kabelová dálková spoušť RM-AV2	54
Obr. 41: Stereoscopic Player	56

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Závislost hodnocení prostorového efektu pro první kompozici	58
Graf 2: Závislost hodnocení prostorového efektu pro druhou kompozici	58
Graf 3: Závislost hodnocení prostorového efektu pro třetí kompozici	59
Graf 4: Závislost hodnocení ostrosti obrazu pro první kompozici	60
Graf 5: Závislost hodnocení ostrosti obrazu pro druhou kompozici	60
Graf 6: Závislost hodnocení ostrosti obrazu pro třetí kompozici	61
Graf 7: Procentuální graf průměrné hodnoty, při které docházelo k pocitu boleti očí	62
Graf 8: Procentuální graf průměrné hodnoty, při které docházelo k pocitu boleti hlavy	62
Graf 9: Procentuální graf průměrné hodnoty, při které docházelo k šilhání	63
Graf 10: Procentuální graf úspěšnosti odhadu vzdálenosti pro jednotlivé stereobáze	64

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Porovnání jednotlivých technologií [7]	22
Tab. 2: Detaily pinů u konektoru DB-25	34

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1A: Ukázka zdrojového kódu pro výpočet stereobáze
Příloha 1B: Ukázka zdrojového kódu pro řízení krokového motoru
Příloha 2: Anketa stereoskopické vidění
Příloha 3: Podklad pro leptání DPS
Příloha 4: Konstrukční návrh snímací aparatury
Příloha 5: Fotodokumentace snímací aparatury
Příloha 6: CD

Příloha 1A: Ukázka zdrojového kódu pro výpočet stereobáze

```
#####  
%vypocet H-FOV a V-FOV  
sirka=(str2double(get(handles.edit1,'String'))); %zadani promenne sirka  
senzoru  
vyska=(str2double(get(handles.edit2,'String'))); %zadani promenne vyska  
senzoru  
ohniskofoto=(str2double(get(handles.edit3,'String'))); %zadani promenne  
ohniskova vzdalenost  
  
horizontal=180*((2*atan((0.5*sirka)/ohniskofoto))/pi); %vzorec pro  
horizontal FOV  
vertical=180*((2*atan((0.5*vyska)/ohniskofoto))/pi); %vzorec pro  
vertikal FOV  
set(handles.text3,'String',horizontal); %nastaveni horizontal FOV do text3  
set(handles.text4,'String',vertical); %nastaveni vertical FOV do text4  
#####  
%vypocet pozitivni paralaxy na snimku  
sirkaobrazovky=(str2double(get(handles.edit14,'String'))); %zadani  
promenne sirka obrazovky  
pozitivniparalaxa=(str2double(get(handles.edit4,'String'))); %zadani  
promenne pozitivni paralaxa  
pozitivparalaxsnimek=sirkaobrazovky*(pozitivniparalaxa/100); %vzorec pro  
vypocet pozitivni paralaxy na snimku  
set(handles.text72,'String',pozitivparalaxsnimek); %nastaveni paralaxy na  
snimku do text72  
  
#####  
%vypocet vypocet pozitivni paralaxy - viditelny uhel  
interokularni=(str2double(get(handles.edit12,'String'))); %zadani  
promenne interokularni sire  
pozorovatel=(str2double(get(handles.edit11,'String'))); %zadani promenne  
vzdalenost pozorovatele  
  
paralaxuhel=(-1)*((180.0/pi)*atan(((interokularni-  
pozitivparalaxsnimek)/2.0)/(pozorovatel))); %vzorec pro vypocet pozitivni  
paralaxy - viditelny uhel  
paralaxuhel=(round((paralaxuhel)*100)/100); %vzorec pro vypocet pozitivni  
paralaxy - viditelny uhel  
set(handles.text73,'String',paralaxuhel); %nastaveni pozitivni paralaxy -  
viditelny uhel na snimku do text73  
#####  
%vypocet interaxialni vzdalenosti  
maximalniparalaxa=(str2double(get(handles.edit5,'String'))); %zadani  
promenne maximalni paralaxa  
nulovaparalaxa=(str2double(get(handles.edit6,'String'))); %zadani  
promenne nulova pralaxa  
  
konstanta=((maximalniparalaxa*nulovaparalaxa)/(maximalniparalaxa-  
nulovaparalaxa)*1000); %vzorec pro vypocet interaxialni vzdalenosti  
  
interaxialni=(2.0*(konstanta)*(pozitivniparalaxa/100)*tan((pi/180)*horizont  
al/2.0)); %vzorec pro vypocet interaxialni vzdalenosti  
interaxialni=(round((interaxialni)*100)/100); %vzorec pro vypocet  
interaxialni vzdalenosti  
set(handles.text65,'String',interaxialni); %nastaveni interaxialni  
vzdalenosti do text65  
#####
```


Příloha 1B: Ukázka zdrojového kódu pro řízení krokového motoru

```
global k rychlost

if (get(handles.checkbox6,'Value')==get(handles.checkbox6,'Max')) %pokud je
aktivovan LPT port

parport=digitalio('parallel','LPT1'); %vytvoreni objektu digital I/O
addline(parport,0:3,'out'); %pridani radku do digital I/O

pokus=(str2double(get(handles.edit24,'String')));
start=str2double(get(handles.text57,'String'));

steps=[1 0 0 0; 0 1 0 0; 0 0 1 0; 0 0 0 1]; %vysilani signalu vpred
dozadu=[0 0 0 1; 0 0 1 0; 0 1 0 0; 1 0 0 0]; %vysilani signalu vzad

i=1;

if pokus>start %zjisteni smeru kterym se bude posuvni pohybovat
for j=k:0.0405:pokus %krok for cyklu je stanoven na 0,0408, coz odpovida
lmm
    pval=steps(i,:);
    i=i+1; %pricetni +1
    k=k+0.0405; %pricteni +0,0408

    if pokus~=start %nastaveni textu pri probyhajicim posuvu
        set(handles.text62,'String','Nastavuji...');
        set(handles.pushbutton7,'enable','off');
        set(handles.pushbutton9,'enable','off');
        set(handles.checkbox6,'enable','off');
    end

    if k>360 %pokud je k vetsi jako 360 dojde k zastaveni
        break %zastaveni for cyklu
    end

    set(handles.text57,'String',round(k));
    set(handles.slider17,'Min',59,'Max',361); %stanoveni velikosti
posuvniku
    set(handles.slider17,'SliderStep',[1/362 0.1]); %zadani kroku
posuvniku
    set(handles.slider17,'Value',k);

    putvalue(parport,pval); %zapise radek dat

    if i>4 %cyklus pro neustale vysilani kroku
        i=1;
    end
    tic; %pouziti tzv stopwatchtimeru
while(toc<rychlost); %smycka while pro rizeni rychlosti posuvu
    pause(rychlost); %dodrzeni rychlost a pauza
end

end
```

PŘÍLOHA 2 - ANKETA STEREOSKOPICKÉ VIDĚNÍ

Věk:		
Pohlaví:	Muž	Žena

Trpíte některou z níže uvedených očních vad? - nehodící škrtněte -

Krátkozrakost	ANO	NE
Dalekozrakost	ANO	NE
Dioptrická korekce	ANO	NE
Strabismus	ANO	NE
Astigmatismus	ANO	NE
Tupozrakost	ANO	NE

Zaznačte křížkem Vaši pozici pro pozorování záznamu:

Promítací plátno

		PROJEKTOR		

Získaný vjem polarizační projekce: - ohodnoťte 1 (nejlepší) až 5 (nejhorší); nehodící škrtněte -

Scéna	Prostorový efekt	Ostrost obrazu	Viditelnost „duchů“	Plasticita obrazu
1.			ANO / NE	PŘED / ZA PLÁTNEM
2.			ANO / NE	PŘED / ZA PLÁTNEM
3.			ANO / NE	PŘED / ZA PLÁTNEM
4.			ANO / NE	PŘED / ZA PLÁTNEM
5.			ANO / NE	PŘED / ZA PLÁTNEM
6.			ANO / NE	PŘED / ZA PLÁTNEM
7.			ANO / NE	PŘED / ZA PLÁTNEM
8.			ANO / NE	PŘED / ZA PLÁTNEM
9.			ANO / NE	PŘED / ZA PLÁTNEM
10.			ANO / NE	PŘED / ZA PLÁTNEM

Výzkum fyziologie při sledování polarizační projekce: - nehodící škrtněte -

Scéna	Bolest očí	Bolest hlavy	Nucení k šilhání	Jiné fyziologické účinky
1.	ANO / NE	ANO / NE	ANO / NE	
2.	ANO / NE	ANO / NE	ANO / NE	
3.	ANO / NE	ANO / NE	ANO / NE	
4.	ANO / NE	ANO / NE	ANO / NE	
5.	ANO / NE	ANO / NE	ANO / NE	
6.	ANO / NE	ANO / NE	ANO / NE	
7.	ANO / NE	ANO / NE	ANO / NE	
8.	ANO / NE	ANO / NE	ANO / NE	
9.	ANO / NE	ANO / NE	ANO / NE	
10.	ANO / NE	ANO / NE	ANO / NE	

Stanovte který předmět je nejbližší k Vám: - ohodnoťte 1 (nejbližší) až 3 (nejdále) -

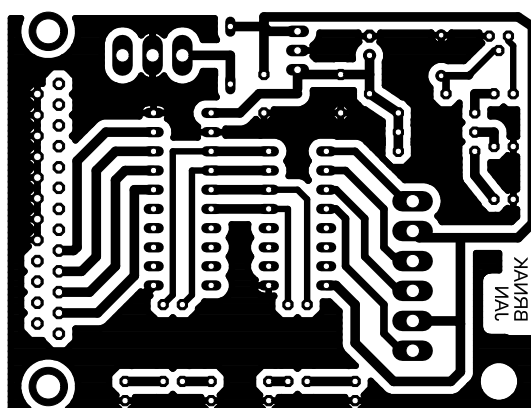
Scéna č.:	Modrá láhev	Bílá láhev	Žlutá láhev
11.			
12.			
13.			

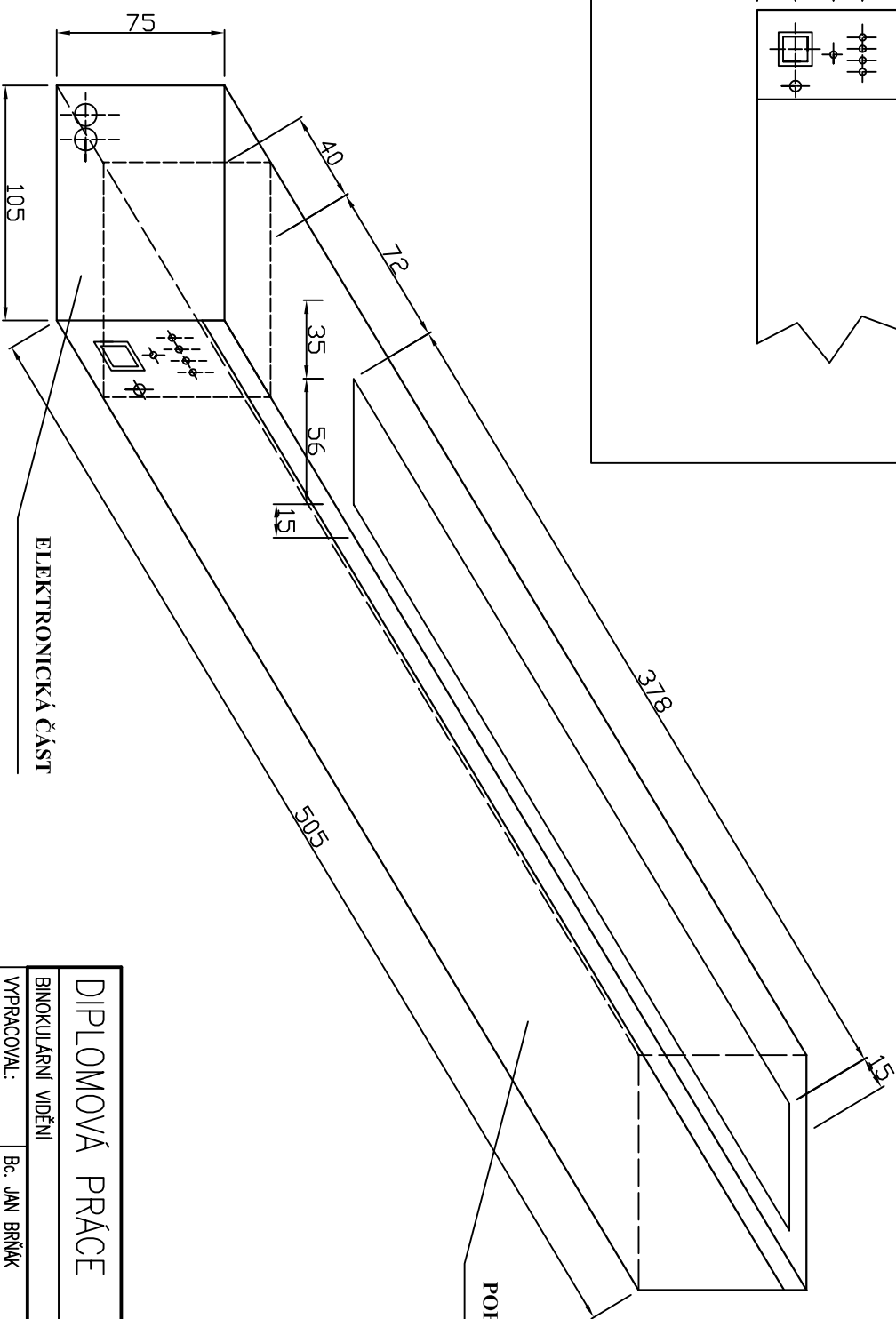
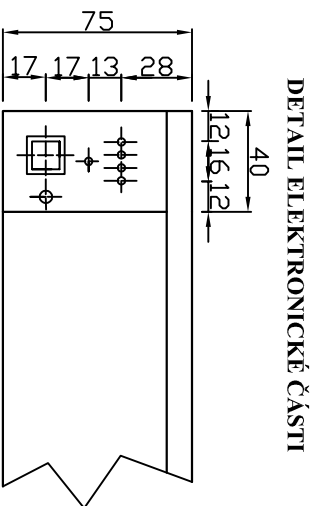
Myslíte, že má 3D technologie budoucnost?

Myslíte, že může dojít při sledování stereoskopického záznamu k poškození zraku?

Děkuji za Vaši pomoc

Příloha 3: Podklad pro leptání DPS





POHYBOVÁ ČÁST

DIPLOMOVÁ PRÁCE		FEKT	
BINOKULÁRNÍ VIDĚNÍ		VUT V BRNĚ	
VYPRACOVAL:	Bc. JAN BRŇÁK	AK: ROK 2011/2012	
VEDOUcí PRÁCE:	ING. PETR FEDRA	LETNÍ SEMESTR	
NAVRŽENÁ APARATURA PRO AUTOMATICKOU REGULACI VZDALENOSTI		DATUM: 5.4.2012	MĚŘÍTKO
		1 : 3	VÝKR. Č. 1/1



